This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

A propos de ce livre

Ceci est une copie numérique d'un ouvrage conservé depuis des générations dans les rayonnages d'une bibliothèque avant d'être numérisé avec précaution par Google dans le cadre d'un projet visant à permettre aux internautes de découvrir l'ensemble du patrimoine littéraire mondial en ligne.

Ce livre étant relativement ancien, il n'est plus protégé par la loi sur les droits d'auteur et appartient à présent au domaine public. L'expression "appartenir au domaine public" signifie que le livre en question n'a jamais été soumis aux droits d'auteur ou que ses droits légaux sont arrivés à expiration. Les conditions requises pour qu'un livre tombe dans le domaine public peuvent varier d'un pays à l'autre. Les livres libres de droit sont autant de liens avec le passé. Ils sont les témoins de la richesse de notre histoire, de notre patrimoine culturel et de la connaissance humaine et sont trop souvent difficilement accessibles au public.

Les notes de bas de page et autres annotations en marge du texte présentes dans le volume original sont reprises dans ce fichier, comme un souvenir du long chemin parcouru par l'ouvrage depuis la maison d'édition en passant par la bibliothèque pour finalement se retrouver entre vos mains.

Consignes d'utilisation

Google est fier de travailler en partenariat avec des bibliothèques à la numérisation des ouvrages appartenant au domaine public et de les rendre ainsi accessibles à tous. Ces livres sont en effet la propriété de tous et de toutes et nous sommes tout simplement les gardiens de ce patrimoine. Il s'agit toutefois d'un projet coûteux. Par conséquent et en vue de poursuivre la diffusion de ces ressources inépuisables, nous avons pris les dispositions nécessaires afin de prévenir les éventuels abus auxquels pourraient se livrer des sites marchands tiers, notamment en instaurant des contraintes techniques relatives aux requêtes automatisées.

Nous vous demandons également de:

+ *Ne pas utiliser les fichiers à des fins commerciales* Nous avons conçu le programme Google Recherche de Livres à l'usage des particuliers. Nous vous demandons donc d'utiliser uniquement ces fichiers à des fins personnelles. Ils ne sauraient en effet être employés dans un quelconque but commercial.

+ *Ne pas procéder à des requêtes automatisées* N'envoyez aucune requête automatisée quelle qu'elle soit au système Google. Si vous effectuez des recherches concernant les logiciels de traduction, la reconnaissance optique de caractères ou tout autre domaine nécessitant de disposer d'importantes quantités de texte, n'hésitez pas à nous contacter. Nous encourageons pour la réalisation de ce type de travaux l'utilisation des ouvrages et documents appartenant au domaine public et serions heureux de vous être utile.

+ *Ne pas supprimer l'attribution* Le filigrane Google contenu dans chaque fichier est indispensable pour informer les internautes de notre projet et leur permettre d'accéder à davantage de documents par l'intermédiaire du Programme Google Recherche de Livres. Ne le supprimez en aucun cas.

+ *Rester dans la légalité* Quelle que soit l'utilisation que vous comptez faire des fichiers, n'oubliez pas qu'il est de votre responsabilité de veiller à respecter la loi. Si un ouvrage appartient au domaine public américain, n'en déduisez pas pour autant qu'il en va de même dans les autres pays. La durée légale des droits d'auteur d'un livre varie d'un pays à l'autre. Nous ne sommes donc pas en mesure de répertorier les ouvrages dont l'utilisation est autorisée et ceux dont elle ne l'est pas. Ne croyez pas que le simple fait d'afficher un livre sur Google Recherche de Livres signifie que celui-ci peut être utilisé de quelque façon que ce soit dans le monde entier. La condamnation à laquelle vous vous exposeriez en cas de violation des droits d'auteur peut être sévère.

À propos du service Google Recherche de Livres

En favorisant la recherche et l'accès à un nombre croissant de livres disponibles dans de nombreuses langues, dont le français, Google souhaite contribuer à promouvoir la diversité culturelle grâce à Google Recherche de Livres. En effet, le Programme Google Recherche de Livres permet aux internautes de découvrir le patrimoine littéraire mondial, tout en aidant les auteurs et les éditeurs à élargir leur public. Vous pouvez effectuer des recherches en ligne dans le texte intégral de cet ouvrage à l'adresse `http://books.google.com`

R LIBRARY
GBY D

HARVARD COLLEGE LIBRARY

BOUGHT FROM THE INCOME OF THE FUND
BEQUEATHED BY
PETER PAUL FRANCIS DEGRAND
(1787–1855)
OF BOSTON

FOR FRENCH WORKS AND PERIODICALS ON THE EXACT SCIENCES
AND ON CHEMISTRY, ASTRONOMY AND OTHER SCIENCES
APPLIED TO THE ARTS AND TO NAVIGATION

TRAITE'
DU
MOUVEMENT
DES EAUX
ET
DES AUTRES CORPS FLUIDES.
DIVISE' EN V. PARTIES.

Par feu M. MARIOTTE, *de l'Academie Royale des Sciences.*

Mis en lumiere par les soins de M. DE LA HIRE, Lecteur & Professeur du Roy pour les Mathematiques, & de l'Academie Royale des Sciences.

Nouvelle édition corrigée.

A PARIS,
Chez JEAN JOMBERT, prés des Augustins, à l'Image Nôtre-Dame.

M. DCC.
AVEC PERMISSION.

Phys 127.2.20

HARVARD COLLEGE
APR. 6 1922
LIBRARY

Sagrand fund

PREFACE.

CEUX qui juſqu'à preſent ont écrit des hydroliques nous ont donné chacun en particulier des remarques tres-curieuſes ſur la peſanteur, ſur la viteſſe, & ſur pluſieurs autres proprietez des eaux. Le Traité de l'équilibre des liqueurs de M. Palchal eſt un des plus conſiderables, tant pour les belles découvertes qu'il a faites, que pour les proprietez ſingulieres qu'il démontre d'une maniere ſi claire & ſi convaincante, que nous ne pouvons pas douter que ce grand Genie n'eût entierement épuiſé cette matiere s'il avoit examiné toutes les parties qui la compoſent.

Il y avoit pluſieurs années que M.

Mariotte s'appliquoit avec un soin extraordinaire à faire les experiences qui sont dans le Traité de M. Paschal pour voir s'il n'auroit point negligé des circonstances particulieres qui lui pussent donner lieu de remarquer quelque chose de nouveau. En effet dans ses experiences il a fait plusieurs observations que l'on ne trouve point dans le petit livre de M. Paschal, ny dans les autres qui l'ont precedé; & il se trouva ensuite insensiblement engagé dans la partie de cet ouvrage qui a de plus grandes utilitez comme la mesure, & ce que l'on appelle la dépense des eaux suivant les differentes hauteurs des reservoirs, & les differens ajutages; il passe ensuite aux précautions qu'on doit prendre pour conduire les eaux, & ayant enfin traité fort au long de la resistance des solides, il parle de la force que doivent avoir les tuyaux pour resister aux differentes charges de l'eau.

Il eut occasion de faire sur ces par-

ties plusieurs experiences à Chantilly en presence de S. A. S. MONSEIGNEUR le PRINCE, où l'abondance de l'eau & la hauteur des reservoirs lui fournissoient tous les moyens necessaires. Il en fit aussi plusieurs à l'Observatoire en presence de Mrs de l'Academie, & les ayant mises en ordre, il en composa cet ouvrage.

Dans les premiers jours de la maladie dont il mourut, il me pria de vouloir prendre le soin de l'impression de ce Traité, en me laissant la liberté d'y changer, & d'y retrancher ce que je jugerois à propos; mais j'ay crû qu'il valoit mieux le donner au public tel qu'il l'a composé, que d'y apporter du mien. Cependant, si j'avois entrepris d'y changer quelque chose, je ne l'aurois fait qu'en suivant les sentimens de toute l'Academie, dont il n'auroit pas manqué de prendre lui-même les avis sur les difficultez qu'il y auroit trouvées.

La moitié de cet ouvrage étoit assez au net pour être imprimée ; mais le reste m'a donné beaucoup de peine à rassembler sur les memoires qui m'en ont été mis entre les mains aprés sa mort.

J'ay tâché autant qu'il m'a été possible de n'y rien laisser d'obscur ou d'embaraſſé dans les dernieres parties, & d'y suivre exactement l'ordre qu'il s'étoit proposé ; neanmoins je n'ay osé entreprendre d'éclaircir tous les endroits difficiles, de peur de m'écarter de ses pensées, ou de me rendre peut-être moins intelligible que lui.

J'avois aussi resolu d'ajoûter à la fin de cet ouvrage des remarques que j'ay faites sur quelques endroits, qui auroient pû y servir d'explication, ou de confirmation, & entr'autres la démonstration par les principes d'Archimede du Probleme de Mechanique, où la proportion ordinaire est renversée, avec quelques observations que j'ay faites sur l'o-

rigine des fontaines, & sur l'élevation des vapeurs ; mais j'ay jugé qu'il étoit plus à propos de les donner separément avec quelques autres essais de Physique, que d'augmenter ce volume de mes pensées particulieres.

Je n'aurois pas differé si long temps à faire imprimer cet ouvrage si je n'en avois été détourné par des occupations d'une tres-grande importance que MONSEIGNEUR DE LOUVOIS m'a fait l'honneur de me donner. Il avoit consideré lui-même que la riviere d'Eure depuis sa source jusqu'à la rencontre qu'elle fait de la Seine vers le Pont de l'Arche où remonte le flux de la mer, ne parcouroit que 45 lieuës ; & que des mêmes sources de cette riviere il y avoit quelques ruisseaux qui alloient avec une rapidité tres-grande rencontrer la riviere d'Huine, & ensuite par la Loire jusqu'à la Mer à prés de 80 lieuës de cette source commune ; cette rapi-

dité étant connuë d'ailleurs par plusieurs moulins qui vont par dessus ; il jugea donc que la riviere d'Eure devoit avoir une pente tres considerable, & peu de temps aprés la mort de Monsieur Mariotte, il m'ordonna de niveler la hauteur de cette riviere à l'égard du Château de Versailles. Quoy que la distance entre ce Château, & l'endroit où l'on pouvoit prendre commodément la riviere fût de plus de 20 lieuës, mes nivellemens faits par differens chemins & reiterez plusieurs fois se sont trouvez parfaitement d'accord entr'eux, & m'ont fait voir que cette riviere pouvoit être facilement conduite à la hauteur du Château de Versailles, qu'en la prenant à Pongoin à 7 lieuës au dessus de Chartres, elle étoit 110 pieds plus élevée que le rez de chaussée de la plus haute partie de ce Château.

On doit sans doute preferer les eaux courantes, qui sont conduites dans des aqueducs, à celles qui sont

élevées par des machines, puiſqu'elles ne ſont pas ſujettes à être ſouvent interrompuës par les reparations qu'il faut faire aux conduites, & d'ailleurs l'eau pouvant venir facilement en tres-grande abondance: mais comme il y a pluſieurs occaſions où les machines ſont d'une tres grande utilité, & où l'on eſt même obligé de s'en ſervir pour l'élevation des eaux, il auroit été à ſouhaiter que Monſieur Mariotte nous eût laiſſé par écrit ſes ſentimens ſur les differentes pompes & autres machines qui ſont en uſage, ou qui ont été ſeulement propoſées pour cet effet, avec un examen, & un calcul de ce qu'elles fourniſſent chacune en particulier, & quel choix l'on en doit faire ſuivant les differentes occaſions. Il m'avoit ſouvent parlé de ſon deſſein ſur ce ſujet qui devoit faire une des parties de ce traité; mais je n'en ay rien trouvé dans ſes memoires qui fût en état d'être donné au public. Il avoit changé pluſieurs fois

l'ordre des parties de cét ouvrage; mais enfin peu de jours avant sa mort, il m'en donna la division suivante qui m'a beaucoup servi, & principalement dans les dernieres parties.

Ce livre étant rempli d'un tres-grand nombre d'experiences, & de plusieurs regles qui en sont déduites avec quelques observations sur ces mêmes regles; j'ay crû qu'il étoit à propos d'y ajoûter une table fort ample, afin de pouvoir trouver facilement les endroits où il est parlé de quelque matiere dont on peut avoir besoin dans les occasions.

Tout ce traité est divisé en 5 parties.

La premiere partie contient cinq discours.

Le premier discours traite de plusieurs proprietez des corps fluides.

Le second, de l'origine des Fontaines.

Le troisiéme, des causes des vents.

La seconde partie contient trois discours.

Le premier, de l'équilibre des corps fluides par la pesanteur.

Le second, de l'équilibre des corps fluides par le ressort.

Le troisiéme, de l'équilibre des corps fluides par le choq.

La troisiéme partie contient quatre discours.

Le premier, des pouces & des lignes dont on mesure les eaux courantes & jaillissantes.

Le second, de la mesure des eaux jaillissantes, suivant les differentes hauteurs des reservoirs.

Le troisiéme, de la mesure des eaux jaillissantes par des ajutoirs de differentes ouvertures.

Le quatriéme, de la mesure des eaux courantes.

La quatriéme partie contient deux discours.

Le premier, de la hauteur des jets perpendiculaires.

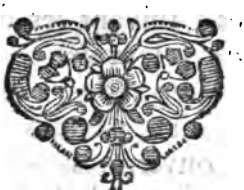
Le second, de la hauteur des jets obliques.

La cinquiéme partie contient trois discours.

Le premier, des tuyaux de conduite.

Le second, de la resistance des solides, de la force des solides, & de la force des tuyaux de conduite.

Le troisiéme, de la distribution des eaux.



TRAITE'

TRAITE',
DU MOUVEMENT
DES EAUX
ET DES AUTRES CORPS FLUIDES.

PREMIERE PARTIE.

DE PLUSIEURS PROPRIETEZ des Corps Fluides, de l'Origine des Fontaines, & des cauſes des Vents.

PREMIER DISCOURS.

De pluſieurs proprietez des corps fluides.

L'AIR & la flame ſont des Corps Fluides ; l'eau, l'huile, le mercure, & les autres liqueurs, ſont des corps fluides & liquides ; tout liquide eſt fluide, mais tout fluide

n'eſt pas liquide. J'appelle liquide, ce qui eſtant en ſuffiſante quantité coule & s'étend au deſſous de l'air, juſques à ce que ſa ſurface ſuperieure ſe ſoit miſe de niveau; & parce que l'air & la flame n'ont pas cette proprieté, je ne les appelle pas liquides, mais ſeulement fluides. La dureté & fermeté eſt oppoſée à la fluidité; ce qui eſt dur & ferme comme le fer & les pierres, ſe laiſſe traverſer difficilement par les autres corps; & quand il a eſté traverſé, ſes parties ſeparées ne ſe rejoignent point; les corps fluides au contraire ſe laiſſent traverſer aiſément, mais ils réüniſſent auſſi-toſt leurs parties ſeparées, & c'eſt en quoy conſiſte la fluidité. Par cette raiſon le ſable tres-menu peut eſtre appellé fluide, mais non liquide, parce qu'il ne coule pas ſur un plan peu incliné, & que quand on en remplit un vaiſſeau, les parties ſuperieures ne ſe mettent pas de niveau d'elles-mêmes.

L'Eau eſt encore appellée humide par quelques Philoſophes, mais c'eſt proprement ce qui eſt moüillé d'eau qu'on doit appeller humide, & en ce ſens l'air eſt humide quand il eſt beaucoup remply de vapeurs acqueuſes. La ſechereſſe eſt oppoſée à l'humidité; & un linge qu'on appelle humide lors qu'il eſt moüillé, eſt appellé ſec, quand l'eau dont il eſtoit moüillé eſt évaporée.

L'Eau reçoit ſucceſſivement les conſiſtances differentes de dureté, & de liquidité : ſon eſtat naturel eſt d'eſtre glacée ; c'eſt à dire que lors qu'aucune cauſe externe n'agit ſur elle, elle demeure ferme & non liquide.

Elle devient coulante & liquide par une mediocre chaleur, & en meſme-temps quelques-unes de ſes parties s'élevent en vapeurs, c'eſt à dire en pluſieurs petites goutelettes ſeparées les unes des autres, & d'une telle petiteſſe qu'on ne peut les appercevoir chacunes à part. On en voit l'experience quand on jette un charbon allumé dans de l'eau, car on voit d'abord une fumée épaiſſe s'en élever ; mais quand elle s'eſt beaucoup étenduë en s'élevant, & que ces petites parcelles ſe ſont ſeparées les unes des autres, on n'en peut appercevoir aucune.

Les vapeurs quoy qu'épaiſſes ſont quelque-fois viſibles & quelque-fois inviſibles ſuivant que leur petites parcelles ſont plus ou moins menuës, ou plus ou moins agitées. Lors qu'elles ſont viſibles & proches de la terre, on les appelle des broüillards, & quand elles ſont élevées en haut on les appelle des nuées. Il s'éleve davantage de vapeurs à une grande chaleur qu'à une mediocre ; mais il ne laiſſe pas de s'en élever à une tres-petite chaleur, car meſ-

me il en sort de l'eau glacée. J'ay observé que deux livres de glace diminuoient de poids pendant un tres-grand froid d'environ deux gros par jour ; d'où l'on peut inferer que l'eau commençant à estre glacée, conserve encore quelque peu de chaleur, de mesme que le plomb en conserve encore beaucoup lors qu'il commence à se durcir aprés avoir esté fondu.

Il y a quelques parties étrangeres & heterogenes dans l'eau, desquelles se transforment en air, par une grande chaleur ; on l'experimente lors qu'on met un vaisseau plein d'eau sur le feu, car on voit se former au fond du vaisseau, & ensuite s'élever au dessus de l'eau, plusieurs petites bulles d'air. On ne doit point croire qu'elles procedent de la flame qui pourroit passer au travers du vaisseau, puisque l'huile ne pousse point de ces petites bulles d'air, lorsqu'on l'a laissée un peu de tems sur le feu pour faire évaporer ce qu'elle a de plus aqueux, encore mesme qu'on augmente le feu en suite.

Il se forme aussi de semblables bulles dans l'eau lors qu'elle se gele : & parce que cette matiere heterogene, que j'appelle matiere aërienne, occupe plus de place quand elle est réduite en bulles d'air, elle fait effort pour s'étendre & ne trouvant point d'issuë au travers de la glace, elle la fait rompre &

meſme les vaiſſeaux qui la contiennent, s'ils ſont plus étroits au deſſus que vers le milieu.

Pour expliquer d'où vient que cette matiere qui eſt dans l'eau tient plus de place quand elle ſe remet en air; on peut ſuppoſer que l'air eſt un amas d'une infinité de petits filamens entortillez & mélez l'un dans l'autre comme de petits filamens de cotton; or ſi l'on trempe dans un verre à demy-plein d'eau un petit amas de cotton preſſé il occupera au commencement une place ſelon ſa groſſeur, & il fera élever l'eau vers le deſſus du verre conſiderablement; mais ſi l'on ſepare peu à peu les petits filamens du cotton, en ſorte que l'eau puiſſe ſe couler par tous leurs intervalles, alors la ſurface ſuperieure de l'eau redeſcendra à peu prés à la meſme marque où elle eſtoit avant qu'on y eut mis le cotton.

Par cette experience on connoîtra que l'air ſe peut inſinuer peu à peu dans l'eau & y tenir beaucoup moins de place que lorſqu'il y eſt en petites bulles, & que lorſqu'aprés avoir eſté mélé & comme abſorbé dans l'eau, il ſe remet en petites bulles par le mouvement que la chaleur luy donne ou par quelques autres cauſes, il tient beaucoup plus de place qu'auparavant.

On connoît que l'air s'inſinuë dans l'eau par l'experience ſuivante. Faites boüillir de

l'eau deux ou trois heures durant, & aprés qu'elle ſera refroidie, empliſſez-en une petite bouteille de verre, fermez ſon goulet avec le doigt & le trempez dans un verre plein d'eau; faiſant en ſorte qu'il y ait de l'air gros comme une noiſette au haut de la bouteille renverſée; Vous remarquerez que dans 24. heures cet air diſparoîtra. Remettez-y de même une autre bulle d'air auſſi groſſe, elle entrera encore peu à peu dans l'eau, mais il faudra plus de temps pour l'abſorber toute entiere; on y en pourra faire entrer encore pluſieurs autres de meſme groſſeur l'une aprés l'autre: mais enfin quand l'eau en ſera ſuffiſamment impregnée il n'y en entrera plus, & une petite bulle d'air de deux lignes de diametre ſe tiendra au deſſus de l'eau de la bouteille plus de 15. jours ſans y entrer. Cet effet ſe remarque encore plus ſenſiblement dans l'eſprit de vin; car ſi l'on en met dans la machine du vuide un verre à demy plein, il ſortira une tres-grande quantité de cette matiere aërienne en groſſes bulles dés qu'on aura pompé une bonne partie de l'air enfermé dans le recipient, mais dans peu de temps il n'en ſortira plus; & ſi l'on emplit une petite bouteille de cet eſprit de vin dont la matiere aërienne ſera ſortie, & qu'on y laiſſe entrer de l'air gros comme le poulce pour le faire demeurer au haut de

la bouteille aprés qu'on l'aura renverſée dans d'autre eſprit de vin, comme il a eſté dit cy-deſſus de l'eau boüillie, cet air s'inſinuëra dans l'eſprit de vin en moins de deux heures: & ſi l'on y en remet une pareille quantité juſques à 2. ou 3. fois, il y entrera encore; mais ſi l'on met cette bouteille dans la meſme machine du vuide, cet air qui s'eſtoit comme diſſous, & mélé inviſiblement dans l'eſprit de vin, en reſſortira en groſſes bulles, dés qu'on aura un peu pompé l'air du recipient: ce qui fait voir manifeſtement que c'eſt du veritable air qui ſort de l'eau & de pluſieurs autres liqueurs quand on les fait geler, ou boüillir, ou qu'on diminuë par le moyen de la machine du vuide, le reſſort de l'air qui les preſſe; ce que j'ay expliqué plus au long dans le Traité de la nature de l'air.

J'ay connu ce qui arrive à l'eau quand elle ſe gele par les experiences ſuivantes.

J'ay mis pendant un tres-grand froid dans un vaiſſeau cylindrique de ſept ou huit pouces de hauteur & de ſix pouces de largeur, de l'eau qui eſtoit déja aſſez froide, juſques à deux pouces prés du bord, & je conſideray attentivement tout le progrés de la gelée. Il ſe fit d'abord une petite congelation dans la ſurface ſuperieure de l'eau, de petites lames longuettes & crenelées ayant entre-elles des intervalles non

gelez, lesquels se gelerent aussi peu à peu à la reserve d'un petit endroit vers le milieu qui n'estoit point encore gelé, quoy-que le reste de la surface le fût déja de plus de deux lignes d'épaisseur. Je remarquay que dans le fond & contre les côtez du vaisseau il se faisoit de petites bulles d'air dans la glace qui commençoit à s'y former, quelques-unes s'élevoient en haut, & les autres demeuroient engagées dans la glace, ce qui me fit juger que ces petites bulles venant à occuper plus de place dans l'eau que quand leur matiere y étoit comme dissoute, elle poussoit un peu d'eau par le trou qui estoit au dessus, de la mesme maniere qu'un tonneau estant plein de vin nouveau il en sort un peu par le trou du bondon quand le vin commence à s'échauffer; & le peu d'eau qui sortoit par ce petit trou se répendant sur ce qui en estoit proche & qui estoit déja gelé, se geloit aussi, & commençoit à y former une élevation de glace, & ce trou demeurant toûjours ouvert par l'eau qui y passoit successivement, estant poussée par les nouvelles bulles d'air qui se faisoient dans la glace, laquelle continuoit à s'augmenter peu à peu vers les côtez du vaisseau & vers le fond; j'observay que la surface superieure de l'eau estoit déja gelée de plus d'un pouce d'épaisseur vers les bords du vaisseau,

& de plus d'un pouce & demy à l'entour & proche le petit trou, avant que l'eau qui y estoit comme dans un petit canal fût gelée : mais enfin elle se gela, & alors le milieu de l'eau n'estant point encore gelé, & l'eau poussée par les nouvelles bulles qui continuoient à se former pendant deux ou trois heures, ne trouvant plus d'issuë par le petit trou la glace se rompoit tout à coup vers le haut par l'effort de cet air enfermé. Je fis une seconde experience, en laquelle aprés que la glace eut environ deux pouces d'épaisseur, je fis chauffer les bords du vaisseau pour faire fondre l'exterieur de la glace, & je la tiray par ce moyen toute entiere hors du vaisseau, sans que l'eau qui estoit encore au milieu de la glace se renversast. Je mis cette glace à l'air pour achever de faire geler le reste de l'eau, & trois ou quatre heures aprés elle se rompit, & je trouvay que dans le milieu il y avoit un vuide de la grosseur d'un pouce & demy de diametre, d'où estoit sorty le reste de l'eau qui n'estoit pas encore gelé & qui rempliſſoit cette espace. Je fis une troisiéme experience, dans laquelle aprés avoir tiré de la mesme maniere la glace hors du vaisseau, je perçay avec une grande épingle l'endroit du petit trou qui s'étoit gelé, & où la glace estoit plus élevée d'un pouce qu'au reste, par l'eau qui s'étoit

repanduë prés du petit trou & s'y étoit gelée; il se fit un petit jet-d'eau par le trou qu'avoit fait l'épingle aprés que je l'eus retirée, & l'eau se gela de nouveau dans le trou. Je continuay à percer cet endroit de temps en temps jusques à ce que l'eau fût toute gelée; J'exposay en suite cette glace à l'air froid pendant toute la nuit sans qu'elle se rompît; ce qui me fit connoître manifestement que la rupture de la glace dans les experiences precedentes procedoit de la force du ressort des bulles d'air. Le milieu de cette glace estoit mélé à peu prés d'autant d'air que de glace, & il y avoit bien moins de bulles à proportion vers l'exterieur de la glace. Si l'on fait boüillir l'eau pour en faire sortir la matiere aërienne avant que de l'exposer à la gelée, il se fera de la glace jusques à deux ou trois pouces d'épaisseur qui n'aura point de bulles visibles & sera parfaitement transparente & propre à faire le mesme effet pour brûler au Soleil que les verres convexes; Voicy la maniere de rendre cette glace convexe. Ayez un petit vaisseau creux en demie sphere dont le diametre soit d'un demy pied, mettez-y un fragment de cette glace transparente & la mettez sur un peu de feu pour en faire fondre l'exterieur; vous verserez l'eau par inclination à mesure que l'exterieur de la

glace se fondra : retournez-la de l'autre côté & la faites fondre de mesme jusques à ce qu'enfin elle ait pris une figure convexe des deux costez bien polie & uniforme ; alors si le Soleil luit elle fera à peu prés le mesme effet pour brûler du papier noircy ou de la poudre à canon, comme si c'étoit un verre convexe. Quelques-uns ont cru que l'eau boüillie se geloit plus aisément que l'autre, mais en ayant mis de l'une & de l'autre également dans deux verres égaux, & ayant fait en sorte qu'elles fussent refroidies également avant que de les exposer à la gelée, je ne pus jamais remarquer qu'elles gelassent plûtôt l'une que l'autre.

Dans les endroits des Rivieres où l'eau est dormante, il s'y amasse de la bouë dont il sort beaucoup d'air quand on marche dessus, ou qu'on y foure un bâton, soit que cet air s'y forme peu à peu de la matiere aërienne qui se trouve dans l'eau de la Riviere, soit qu'il procede de ce que l'eau descendant par de petits canaux au dessous de son lit, fait élever l'air qui s'y trouve, lequel rencontrant la bouë s'y arreste. Outre la matiere aërienne qui se trouve dans l'eau, il y en a une autre qui peut estre appellée matiere fulminante que j'ay reconnuë par plusieurs experiences comme celle que je rapporte icy : Mettez

dans un petit vaiſſeau de cuivre ou d'étain une groſſe goute d'eau & de l'huile au deſſus juſques à un pouce de hauteur, mettez une chandelle allumée au-deſſous du vaiſſeau à l'endroit où eſt la goutte d'eau; vous verrez qu'il en ſortira de petites bulles d'air pendant un certain temps, & qu'enſuite il n'en ſortira plus ou tres-peu; mais quand l'huile ſera échauffée il ſe fera des fulminations dans la goutte d'eau qui feront ſauter une partie de l'huile en haut, & pourront ſeparer la goutte d'eau en deux ou trois parties. Cet effort peut proceder de quelques parcelles de ſels ou d'autres matieres inconnuës diſſoutes dans l'eau, leſquelles ayant atteint un certain degré de chaleur ſe dilatent tout à coup comme fait l'Or fulminant.

L'analogie qui eſt entre l'huile & l'eau, eſt que l'huile s'affermit & ſe gele par un grand froid, mais moins fortement que l'eau; qu'elle devient coulante à une mediocre chaleur, qu'une grande chaleur la fait élever en fumée & en exhalaiſons ſemblables à peu prés en conſiſtance aux vapeurs qui ſortent de l'eau, & enfin que ces fumées, du moins leurs plus ſubtiles parties, ſe change en flame par une tres-grande chaleur.

L'air, le mercure, & l'eau où il y a beaucoup de ſel commun diſſous, ne ſe gelent pas,

ty ne deviennent pas durs au froid non plus que l'eſprit de ſalpetre, l'eſprit de vitriol & les autres eaux fortes, mais ces matieres demeurent toûjours liquides & coulantes; les eaux fortes s'élevent auſſi en vapeurs par la chaleur.

Le mercure, l'eau, l'huile, le vin, l'eſprit de vin & les autres liqueurs ſe dilatent par la chaleur, & ſe condenſent par un mediocre froid, ſans qu'il paroiſſe pourtant qu'aucun air y ſoit mélé ou qu'il en ſorte aucunes bulles. Mettez de l'huile dans une bouteille qui ait le goulet long & étroit, & la chauffez mediocrement; elle montera peu à peu dans le goulet, & en ſe refroidiſſant elle deſcendra juſques à la pomme ſans qu'il y paroiſſe entrer ou ſortir de l'air; & meſme ſi la bouteille eſtant toute pleine d'huile mediocrement chaude, on la renverſe en la ſoûtenant avec le doigt, & qu'on trempe le bout dans de l'eau froide juſques à la moitié du goulet, l'huile ſe refroidiſſant quittera le goulet qu'elle occupoit, & l'eau y montera; mais ſi on chauffe de nouveau mediocrement la bouteille, l'huile redeſcendera & chaſſera l'eau ſans qu'il paroiſſe s'y former aucunes bulles d'air. Cet effet eſt tres-ſenſible dans l'eſprit de vin dont on remplit les thermometres de verre ſcellez hermetiquement; car quand il fait bien froid, l'eſprit de vin deſcend juſques

à la pomme, & dans le grand chaud il monte juſques au haut du tuïau, quoyqu'il ſoit de plus de deux pieds de hauteur. J'ay veu des thermometres pleins de mercure au lieu d'eſprit de vin, qui faiſoient à peu prés le meſme effet.

Le mercure ne s'éleve en vapeurs qu'à une grande chaleur. J'ay tenu pendant deux ans une petite bouteille où il y avoit environ une livre de mercure dans un cabinet, où le Soleil luiſoit pendant l'été; j'y trouvay ſenſiblement le meſme poids au au bout de ce temps-là; mais ſi on en met dans un aſſez grand feu, il s'éleve tout en vapeurs inviſibles, leſquelles eſtant reçûës dans un alambic, elles ſe remettent en mercure coulant & liquide comme avant leur évaporation.

On remarque dans l'eau une eſpece de viſcoſité, qui attache ſes parties l'une à l'autre & à quelqu'autres corps, comme au bois & au verre bien net, en ſorte qu'une goutte d'eau aſſez groſſe demeure ſuſpenduë au verre & au bois ſans tomber, & lors-qu'on en verſe dans un verre bien net ſans l'emplir entierement, elle s'éleve joignant le verre au-deſſus de ſon niveau juſques à plus d'une ligne & demie: & quoyqu'on ne puiſſe bien dire en quoy conſiſte cette viſcoſité, il eſt conſtant que ces effets ſe font toûjours; ainſi deux gout-

tes d'eau ſeparées ſe joignent enſemble & ne ſont plus qu'une ſeule goutte auſſi-tôt qu'elles viennent à ſe toucher tant ſoit peu : la même choſe arrive à deux gouttes de mercure, à deux gouttes d'huile poſées doucement ſur de l'eau en les approchant l'une de l'autre ; & même on voit que les petites bulles d'air qui ſont au fond d'un plat plein d'eau quand il a été ſur le feu, ſe joignent à celles qui leur ſont voiſines ſi on les pouſſe l'une contre l'autre avec une épingle ou autrement. J'ay veu une fois rouler le long d'une table de pierre polie, un peu de mercure de la groſſeur d'un pouce, il rencontra un petit creux dans la table où une petite partie du mercure entra, & le reſte continuant de couler fut ſur le point de ſe ſeparer du peu qui étoit dans le creux, ce qui les joignoit n'ayant plus qu'environ deux lignes de largeur ; mais cette viſcoſité qui lie enſemble les parties du mercure l'empêcha, & ce qui étoit paſſé ſe raprocha de la partie qui étoit dans le creux, & tout le mercure s'arreſta deſſus & à l'entour. Pour expliquer en quelque façon cette viſcoſité, on pourroit dire que chacune de ces matieres ont leur petites parties en perpetuel mouvement, & que celles de chaque eſpece ont de certaines figures propres à s'acrocher & à ſe lier les unes aux autres, & qu'elles s'embaraſſent & s'acrochent ne-

ceſſairement par leur mouvement dés que elles ſe touchent. Il y a une autre cauſe qu'on pourroit conjecturer, ſçavoir que l'air ayant une vertu de reſſort reduiroit ces corps fluides au plus petit eſpace qu'ils peuvent occuper qui eſt la figure ſpherique, mais il pourroit auſſi-bien reduire en un globe ſeul une goutte de mercure & une goutte d'eau, & même cette cauſe n'auroit point de lieu dans la machine du vuide lorſqu'on a pompé l'air qui eſt deſſous un recipient, car ce qui en reſte n'a plus de reſſort conſiderable & cependant les gouttes d'eau & celle de mercure ſe joignent enſemble & prennent une rondeur dans cet air extrêmement rarefié de la même maniere que dans l'air commun. Dans ces doutes on pourra ſe contenter de prendre pour principe d'experience que les fluides de même nature ſont diſpoſez à ſe joindre enſemble auſſi-tôt qu'ils ſe touchent & l'on appellera cet effet ſi l'on veut, mouvement d'union. Il y a auſſi de certains corps où l'eau ne s'attache point ou tres-difficilement comme la graiſſe, les feüilles de choux non maniées, les plumes de cignes & canars, & elles s'y mettent en petites boules, ou ſi elle y eſt en grande quantité elle ſe met en rondeur aux extremitez, le reſte demeurant de niveau. Le mercure ne s'attache ny au verre ny au bois ny à la pierre;

&

& c'eſt ce qui luy a donné le nom de vif-argent, car lorſqu'il eſt en petite quantité il roule ſur ces matieres par ſa peſanteur, juſques à ce qu'il rencontre de petits creux qui le retienne, mais il s'attache facilement à l'eſtain, à l'or, & à quelques autres metaux & même il s'y imbibe de maniere qu'il en diſcontinuë les parties & ne compoſe plus qu'un corps avec elles, c'eſt ce que les Chimiſtes appellent *amalgamer.*

SECOND DISCOURS.

De l'origine des Fontaines.

LEs vapeurs aqueuſes qui s'élevent des mers, des rivieres, & des terres humides étant arrivées à la moyenne region de l'air, & y ayant formé des nuées s'y refroidiſſent, & elles ne peuvent pas monter plus haut, parce qu'elles rencontrent un air moins condenſé que celuy qui eſt proche de la terre, & cet air eſtant moins peſant qu'elles ne les ſçauroit ſouſtenir. Ces vapeurs eſtant agitées par les vents ſe rencontrent les unes les autres & s'attachent enſemble & de pluſieurs petites gouttes imperceptibles il s'en fait d'aſſez groſſes qui commencent à peſer plus que l'air qui eſt au deſſous, & en deſcendant peu à peu

elles en rencontrent d'autres plus petites d'où il arrive qu'elles se grossissent successivement, & par ce moyen elles deviennent enfin des gouttes de pluye ; celles qui viennent des nuées fort hautes sont les plus grosses parce qu'elles ont plus d'espace pour se grossir ; & Aristote s'est trompé quand il a soûtenu le contraire : la raison qu'il en donne est que si l'on jette un seau d'eau par une fenestre fort élevée, elle se divise en de plus petites gouttes que si l'on ne l'avoit pas jettée de si haut ; mais cette comparaison est trompeuse, car il est bien vray qu'une goutte grosse comme le pouce tombant plus viste par l'air qu'une fort petite se separe facilement en deux ou trois parties par le choq de l'air, principalement quand il fait un grand vent, & ainsi les plus grosses gouttes ne sont ordinairement que d'environ trois lignes de largeur, & lorsque deux ou trois de ces gouttes se joignent ensemble elles se separent incontinẽt aprés, mais elles ne peuvent arriver à cette grosseur de trois lignes de diametre qu'aprés s'être jointes plusieurs ensemble ; & on voit tomber souvent quand les broüillards s'épaississent de tres-petites gouttes de pluye qu'on ne peut bien discerner que quand il y a quelque objet noir par derriere.

Puis donc que la pluye en son commen-

cement eſt tres menuë, il eſt évident qu'il faut qu'elle tombe de fort haut pour ſe groſſir; & c'eſt par cette raiſon que les pluïes d'hyver ſont ordinairement fort menuës parce que les nuës ne s'élevent alors qu'à une petite hauteur. J'ay obſervé que l'air étant couvert de groſſes nuës & faiſant une pluye fort épaiſſe avec de groſſes gouttes au bas d'une montagne fort haute, les gouttes étoient moindres à meſure que je montois au haut de la montagne, & quand je fus preſque au plus haut, la pluye étoit tres menuë; j'eſtois alors dans un broüillard qui m'avoit paru une nuée quand j'étois au bas de la montagne.

Une ſeule nuée pouſſée par des vents impetueux peut donner de la pluye ſucceſſivement par une eſpace de plus de cinquante lieües, ce qu'on a remarqué ſouvent par les dégaſts que fait la greſle qui ſe forme dans une ſeule nuée.

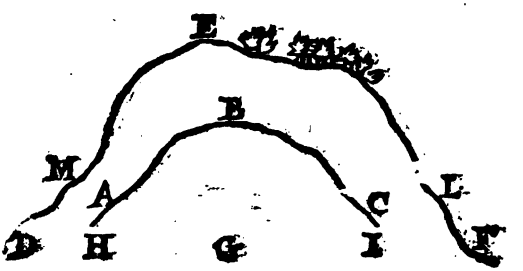
Les pluyes étant tombées penetrent dans la terre par de petits canaux qu'elles y trouvent, ce qui fait que lorſqu'on creuſe la terre un peu profondement on rencontre d'ordinaire de ces petits canaux, dont l'eau s'aſſemblant au fond de ce qu'on a creuſé fait l'eau des puits, mais l'eau des pluyes qui tombent ſur les colines & ſur les montagnes ayant penetré la ſurface de la terre, principalement quand elle eſt

legére & mélée de cailloux & de racines d'arbres, rencontrent souvent de la terre glaise, ou des rochers continus le long desquelles elle coule ne les pouvant penetrer jusques à ce qu'étant au bas de la montagne ou à une distance considerable du sommet, elle ressort à l'air & forme les fontaines, cet effet de la nature est aisé à prouver ; car premierement l'eau des pluyes tombe toute l'année en assez grande abondance pour entretenir les fontaines & les rivieres, comme on le fera voir ensuite par le calcul ; secondement on remarque tous les jours que les fontaines augmentent ou diminuënt à mesure qu'il pleut ou qu'il ne pleut pas, & s'il se passe deux mois entiers sans pleuvoir considerablement, elles diminuënt la plus-part de la moitié ; & si la secheresse continuë encore deux ou trois mois, la plus-part tarissent & les autres diminuënt des, $\frac{2}{3}$ ou des $\frac{3}{4}$ d'où l'on peut conclure que s'il cessoit un an entier de pleuvoir, il ne resteroit que fort peu de fontaines dont la plus-part seroient tres-petites ou qu'elles cesseroient toutes entierement.

Les grandes rivieres comme la Seine, diminuënt souvent à la fin de l'été de plus des $\frac{1}{6}$ de la grandeur qu'elles ont aprés les grandes pluyes, quoy-que la secheresse ne dure pas trois mois de suite : & s'il y a quel-

ques fontaines qui ne diminuent que de la moitié ou du tiers, cela procede de ce qu'elles ont de grands reſervoirs qu'elles ont creuſé dans les rochers en ayant emporté les terres & ne s'étant fait que de petites iſſuës : d'où vient qu'elles ne croiſſent pas tant que les autres par les pluyes continuelles. Quelques Philoſophes apportent une autre cauſe de l'origine des fontaines, ſçavoir qu'il s'éleve des vapeurs du profond de la terre leſquelles rencontrant des Rochers au haut des montagnes en forme de voutes, s'y reduiſent en eau comme dans le chapiteau d'un alambic, & que cette eau coule en ſuite au pied ou dans le penchant des montagnes ; mais cette hypoteſe ſe peut difficilement ſoûtenir, car ſi A B C eſt une voute dans une montagne D E F ; il eſt manifeſte que ſi les vapeurs ſe reduiſoient en eau dans le concave de cette ſurface A B C ; elle tomberoit perpendiculairement vers H G I & non vers L ou M, & par conſequent elle ne feroit jamais aucune fontaine ; d'ailleurs on nie qu'il y ait beaucoup de telles cavernes dans les montagnes & on ne ſçauroit les faire voir, que ſi on dit qu'il y a de la terre à côté & au deſſous de A B C, on répondra que les vapeurs s'échaperont à côté vers A & C & qu'il s'en reſoudra fort peu en eau, & parce qu'on voit preſque

toûjours de la terre glaiſe où il y a des fontaines, il eſt tres vray-ſemblable que ces pretenduës eaux alambiquées ne pourroient paſſer au travers, & par conſequent que les fontaines ne peuvent pas être produites par cette cauſe.



Quelques Auteurs rapportent que des fontaines ont ceſſé de couler pour avoir donné jour à de grandes concavitez ſoûterraines, d'où il étoit ſorti une grande quantité de vapeurs qui ſe reſoudoient en eau dans ces cavernes : on peut répondre à cela que ces hiſtoires ſont ſuſpectes, on ne nie pourtant pas qu'il n'y puiſſe avoir de telles diſpoſitions dans le haut d'une montagne principalement dans celles qui ſont couvertes de neige, que les vapeurs qui ſe condenſeroient par la rencontre d'un grand lit de pierre comme dans un alambic, pourroient former quelque petit filet

d'eau qui ſortiroit à côté ; mais cela eſt tres difficile à rencontrer, & on n'en pourroit tirer de conſequence pour les autres Fontaines.

On objecte encore que les pluyes de l'eſté quoy-que tres-grandes, n'entrent dans la terre que d'environ un demy pied, ce qu'on peut remarquer dans les jardins & dans les terres labourées : je demeure d'accord de l'experience ; mais je ſoûtiens que dans les terres non cultivées & dans les bois il y a pluſieurs petits canaux qui ſont fort prés de la ſurface, dans leſquels l'eau de la pluye entre, & que ces canaux ſont continuez juſques à une grande profondeur, comme on le voit dans les puits creuſez profondement, & que quand il pleut dix ou douze jours de ſuite, à la fin le deſſus des terres labourées s'humecte entierement, & le reſte de l'eau paſſe dans les petits canaux qui ſont au-deſſous, & qui n'ont pas eſté rompus par le labourage.

On voit dans les caves de l'Obſervatoire Royale de Paris pluſieurs gouttes d'eau qui tombent du haut des voutes naturelles de pierre qui y ſont, mais il eſt aiſé de remarquer qu'elles ne procedent pas des vapeurs, car on les voit toûjours couler par quelques fentes ou par quelques petits trous du Rocher, les autres endroits demeurans ſecs ou fort peu humides, & cela

arrive aprés de grandes pluyes : il y a même un endroit où eſt la plus grande voute, où il diſtile en tout temps beaucoup de gouttes d'eau, mais elles procedent d'un amas d'eau qui eſt directement au deſſus.

Il y a des carrieres en pluſieurs endroits dont le haut eſt en forme de voute, & il n'y a que vingt ou trente pieds de terre au deſſus, où l'on peut remarquer que les petits égouts d'eau qui s'y font paſſent par de petites fentes entre les lits de pierre & qu'ils procedent des pluyes, parce qu'ils ne paroiſſent qu'aprés de grandes pluyes, & qu'ils ne durent que quinze jours ou trois ſemaines aprés qu'il a ceſſé de pleuvoir ; & on peut facilement juger que les autres écoulemens des fontaines ſe font de la même ſorte.

L'eſté de l'année 1681. fut tres-ſec en France, ce qui fit tarir la plus-part des puits & des fontaines en beaucoup d'endroits, & quoy-qu'il fit un aſſez grand froid à la fin d'Octobre & au commencement de Novembre, les eaux continuerent à diminuer, ce qu'elles n'euſſent pas fait s'il ſe fût formé de l'eau par les vapeurs élevées des lieux ſoûterrains & condenſées par le froid de la ſurface de la terre. Il y a un creux dans les caves de l'Obſervatoire où il y avoit toûjours de l'eau depuis l'année 1668. juſques en 1681. mais la ſechereſſe de cette année

année la fit deſſecher entierement, & il n'y en avoit pas encore une ſeule goutte en Février 1682. quoy-qu'il eût beaucoup plû pendant pluſieurs jours au commencement de ce mois; & l'eſté ſuivant ayant été fort pluvieux, l'eau n'y revint pourtant point au mois de Septembre, ny même pendant les deux années ſuivantes.

Si l'on jette ſur un terrein ferme & difficile à être penetré par l'eau, une grande quantité de pierres, de ſable & de plâtras mêlez de terre juſques à dix ou douze pieds de hauteur, il ſe fera une petite fontaine au lieu le plus bas qui coulera toûjours, ſi ce terrain eſt de la grandeur d'un arpent ou de deux.

J'ay veu cet effet dans une place où l'on avoit amaſſé des plâtras de la hauteur d'environ trois pieds, elle contenoit en ſurface un peu moins de 500. toiſes, il arrivoit que les eaux des pluyes qui tomboient ſur cette place & ſur les toits des maiſons voiſines étoient retenuës par ces plâtras, & ne paſſoient que peu à peu à travers, & ne pouvant penetrer le pavé & le terrain ferme qui eſtoit au-deſſous, & elles ſe rendoient enfin vers un endroit le plus bas où il ſe faiſoit un petit filet d'eau continuel.

Quelquefois les terres des montagnes ſont diſpoſées de telle ſorte que les eaux qui

y entrent peuvent reſſortir à l'air & couler entre deux terres ou entre la terre & les rochers; & alors on ne peut les découvrir qu'en faiſant des tranchées à my-côte aſſez profondes, & il arrive ſouvent qu'on ramaſſe des eaux en raiſonnable quantité par cette maniere, comme on l'a pratiqué en pluſieurs endroits.

Il y a quelques fontaines qui viennent du milieu des montagnes, & elles ſe font lors que les eaux des pluyes ayant trouvé paſſage par les terres ſablonneuſes & par les fentes des rochers juſques aux deux tiers ou aux trois quarts de l'interieur de la montagne, il s'y trouve un fond continu de terre glaiſe tres-dure, ou quelques lits de pierre continuë où l'eau s'arrête & s'amaſſe juſques à une hauteur conſiderable, laquelle faiſant effort de tous côtez par ſa peſanteur, fait enfin quelques ouvertures vers le bas de la montagne par quelques fentes des rochers. Ces ſortes de fontaines durent plus que les autres pendant les grandes ſechereſſes, & peuvent eſtre chargées de divers ſels & d'autres matieres qui s'y diſſoudent.

On voit quelques-fois des fontaines bien élevées dans le haut des montagnes, & quelques-uns ſoûtiennent qu'elles ſont au plus haut lieu; j'ay remarqué une de ces fontaines dans une montagne à deux

lieuës de Dijon, elle donne beaucoup d'eau : & quand on en eſt fort prés on ne voit qu'environ quarante pieds de hauteur de terrein au deſſus dont la pente eſt tres-roide ; mais ſi l'on regarde de loin cette montagne, on la voit s'étendre par une pente aſſez ſenſible, juſques à plus de cinq cens toiſes de longueur & deux cens de largeur. Or en cet eſpace il tombe aſſez d'eau des pluyes pour entretenir cette fontaine comme il ſera prouvé enſuite.

Il y a des lacs au deſſus de quelques montagnes qui donnent de petits ruiſſeaux : cela peut arriver, parce qu'il y a des terres à l'entour du lac plus élevées que le niveau de l'eau & d'une grande étenduë. M. Caſſini m'a dit avoir veu en Italie un aſſez grand lac au deſſus d'une haute montagne où il y avoit deça & de là des élevations de terre de plus d'une demi-lieuë de longueur qui étoient ſouvent couvertes de neiges, dont les écoulemens avec celuy des eaux des pluyes pouvoient aiſément entretenir le lac, qui doit avoir un terrein tres-ferme au deſſous ou des rochers continus, il y fait ordinairement tres-froid, c'eſt pourquoy cette eau ne s'exhale pas conſiderablement.

Il y a une fontaine au Mont-Valerien, à deux lieuës de Paris à peu-prés de même. Le terrein qui la produit a envi-

ſon cent toiſes de longueur, & cinquante de largeur : elle eſt auprés d'une maiſon environ au tiers de la hauteur de la montagne. Il y a encore pluſieurs autres endroits du meſme coſté, dans leſquels on trouve de l'eau, & on y fait de petites fontaines coulantes, en creuſant la terre de ſept ou huit pieds de hauteur ; car ſi aprés avoir trouvé l'eau on continuë l'ouverture horiſontalement tirant vers le bas juſques à ce qu'on ait gagné la hauteur du terrein, on aura une petite fontaine qui ne tarira que rarement. Il y a de l'autre coſté de la même montagne tout au plus bas une aſſez belle fontaine qui ne tarit point. Il y en a auſſi trois ou quatre à Mont-Martre ; la plus élevée eſt environ à 50. pieds au deſſous du haut de la montagne ; le terrain qui produit la plus grande, n'a qu'environ 300. toiſes de longueur & 100. de largeur. Elle ne donne auſſi que tres-peu d'eau, même aprés les grandes pluyes, les deux autres n'en donnent pas chacune le quart de la grande, & ne coulent qu'aprés de tres-grandes pluyes.

La ville de Langres eſt ſituée à l'extremité d'une éminence fort élevée, laquelle continuë dans la même hauteur juſques à une lieuë de longueur avec une mediocre largeur ; il y a une autre montagne vis-à-

vis de meſme hauteur & longueur à peu prés, & de plus d'un quart de lieuë de largeur, entre ces deux montagnes il y a un grand valon où coule un aſſez grand ruiſſeau ou petite riviere qui procede de pluſieurs fontaines qui ne ſont pas beaucoup éloignées du ſommet de ces montagnes, & il eſt aiſé de juger qu'elles ſont produites par les eaux des pluyes qui tombent ſur les plaines qui ſont au haut, & qui ont un terrain fort ſpacieux; il en vient davantage de celle qui a le plus d'étenduë en largeur.

Toutes les autres fontaines ſont à peu prés ſemblables à celle-là & doivent avoir des hauteurs conſiderables au deſſus de leur ſortie. Il y a une campagne à ſix lieuës de Paris, entre la valée de Palaizeau & celle de Marcouſſi qui a plus de deux lieuës de longueur & une de largeur, où l'on voit des marres en quelques endroits qui ne ſont ſurmontez que de cinq ou ſix pieds par les lieux les plus élevez, mais le terrain y eſt tres-dur à deux ou trois pieds de profondeur, particulierement proche le Château de Bauregard où il y a trois ou 4. de ces mares, & ce terrain eſt tellement impenetrable à l'eau, que pour y faire une conduite d'eau, on s'eſt contenté de creuſer un petit foſſé à deux ou trois pieds de profondeur, & le remplir de pierres ſans

mettre aucun ciment au fond.

On pourroit objecter qu'il ne tombe pas assez d'eau en toute l'année pour fournir aux grandes rivieres qui se déchargent dans la mer.

Pour resoudre cette difficulté je me sers d'une experience qui a été faite à ma priere il y a sept ou huit ans à Dijon par un tres-habile homme & tres-exact dans ses experiences. Il avoit mis vers le haut de sa maison un vaisseau quarré qui avoit environ deux pieds de diametre, au fond duquel il y avoit un tuïau qui portoit l'eau de la pluye qui y tomboit dans un vaisseau cylindrique, où il estoit facile de la mesurer toutes les fois qu'il pleuvoit; Car quand l'eau estoit dans ce vaisseau cylindrique, il s'en exhaloit fort peu pendant cinq ou six jours. Le vaisseau de deux pieds estoit soûtenu par une barre de fer qui s'avançoit de plus de six pieds au-delà de la fenestre où elle estoit posée & arrestée, afin qu'il ne reçût que l'eau de la pluye qui tomboit immediatement dans la largeur de son ouverture, & qu'il n'y entrât que celle qui y devoit tomber selon la proportion de sa surface superieure. Le resultat de ces experiences fut qu'en une année il pouvoit ordinairement tomber des eaux de la pluye jusques à la hauteur d'environ dix-sept pouces. L'Auteur du Livre intitulé

de l'Origine des Fontaines, assure avoir fait une semblable experience pendant trois années, & que l'une portant l'autre il étoit tombé de l'eau de la pluye en un an jusques à 19 pouces 2 lignes $\frac{1}{3}$ de hauteur.

Je prens moins que ces observations, & je suppose qu'en un an il tombe seulement de l'eau de la pluye jusques à 15 pouces de hauteur, sur ce pied-là une toise recevroit en un an 45 pieds cubes d'eau, & supposant qu'une lieuë contienne de longueur 2300 toises; une lieuë quarrée contiendroit 5290000 toises superficielles, qui multipliées par 45 donnent 238050000. pieds cubes.

Les sources les plus éloignées de la Seine sont à 60 lieuës de Paris à peu prés, ça. voir celles de la riviere d'Armançon & des autres rivieres qui entrent dans les rivieres d'Yonne & de la Seine, à les prendre depuis les sources les plus proches de la Loire auprés de la Charité, & celles qui entrent dans la Marne depuis celles qui sont les plus proches de la Meuse au-delà de Bar-le-Duc. La distance de ces sources les plus éloignées l'une de l'autre est de prés de 60 lieuës. Que si l'on coupe la riviere de Seine par une ligne perpendiculaire qui passe à cinq ou six lieuës de Paris, du côté de Corbeil, on trouve des sources vers les extremi-

rez de cette ligne qui ſont diſtantes l'une de l'autre d'environ 45 lieuës. Je ſuppoſe donc que la continence de toute cette étenduë de païs eſt de 60 lieuës de longueur revêtuë, & de 50. lieuës de largeur qui font 3000 lieuës ſuperficielles dont le produit par 23805000 eſt 71415000000 d'où l'on voit que les terres qui fourniſſent l'eau de la Seine à Paris, reçoivent des pluyes 71415000000 pieds cubes d'eau en un an.

La Seine au deſſus du Pont-Royal lorſqu'elle touche les deux quais ſans couvrir que tres peu l'extremité du terrein de part & d'autre à 400 pieds de largeur & cinq pieds de profondeur moïenne, elle eſt alors dans ſa moyenne grandeur, ſa viteſſe au haut de l'eau eſt telle qu'elle fait environ 150 pieds en une minute, elle en fait 250 quand les eaux ſont en leur plus grande hauteur : car un bâton qui eſt emporté par le milieu du courant, va auſſi vîte qu'un homme qui marche bien fort, lequel peut faire 15000 pieds en une heure, & par conſequent 250 en une minute, c'eſt-à-dire environ 4 pieds en une ſeconde ; Mais parce que le fond de l'eau ne va pas ſi vîte que le milieu, ny le milieu que la ſurface ſuperieure, comme il ſera prouvé enſuite ; on peut prendre pour viteſſe moïenne 100 pieds en une minute.

Le produit de 400 pieds de largeur par 5. pieds de hauteur moyenne eſt 2000 ; car elle a 8 ou 10 pieds en des endroits & ſix, ou trois, ou deux en d'autres, & le produit de 200 par 10 pieds, fait 2000000 pieds cubes, & par conſequent il paſſe par une ſection du lit de la riviere de Seine au deſſus du Pont-Royal 200 mille pieds cubes en une minutte & 12000000 en une heure, & en 24 heures 288000000, & en un an 105120000000, qui n'eſt pas la 6e partie de l'eau qui tombe en un an par les pluyes & les neiges ; ſçavoir 714150000000 pieds cubes. Il eſt donc manifeſte que quand le tiers de l'eau des pluyes s'éleveroit en vapeurs incontinent aprés être tombée, & que la moitié du reſte demeureroit dans les terres ſuperficielles pour les tenir moüillées comme on les voit ordinairement, & dans les lieux ſoûterrains au deſſous des grandes plaines, qu'il n'y auroit que le reſte qui s'écoulât par de petits conduits pour faire les fontaines au deſſous ou au penchant des montagnes, il y en auroit aſſez pour produire ces fontaines, & les rivieres telles qu'on les voit. Si on prend 18 pouces au lieu de 15 dans le calcul cy-deſſus, on trouvera au lieu de 714150000000, 856980000000 pieds cubes qui donneront huit fois plus d'eau que la Seine n'en fournit.

Pour calculer l'eau de la plus grande fontaine de Mont-Martre, il faut multiplier 300 toises de longueur par 100 de largeur, le produit eſt 30000 toiſes qui donneront à 54 pieds cubes par toiſe, 1620000 pieds cubes, à peu prés en un an. Or le terrein de cette montagne eſt ſablonneux juſques à 2 ou 3 pieds de profondeur, & le deſſous eſt une terre glaiſe; une partie de l'eau des grandes pluyes coule d'abord au bas de la montagne, une partie du reſte demeure dans le ſable proche de la ſurface, le reſte coule entre le ſable & la glaiſe, & ſi l'on ſuppoſe que ce ne ſoit que la quatriéme partie du total, qui eſt de 56700000 pintes en un an, ou 155341 en un jour, ce qui fait 6472 pintes en une heure, & 107 en une minute, ce quart ſeroit environ 26 pintes par minute que devroit donner cette fontaine, & c'eſt ce qu'elle donne à fort peu prés, lorſqu'elle eſt plus que mediocre.

TROISIE'ME DISCOURS.

De l'Origine des cauſes & des Vents.

L'Origine des vents eſt beaucoup plus difficile à découvrir que celle des fontaines, parce que chaque fontaine ayant

le commencement de sa production, & l'issuë de sa source en une seule montagne, un seul homme en peut observer toutes les plus considerables circonstances; mais un même vent s'étendant bien souvent par l'espace de plus de 100 lieuës, il faut necessairement plusieurs observateurs en même-temps, pour sçavoir où il commence & où il finit, & quel espace il occupe en largeur.

J'ay entrepris plusieurs fois d'avoir des correspondances pour ces observations dans des étenduës de sept ou huit cens lieuës en plusieurs endroits de l'Europe en même temps, comme depuis Paris jusqu'à Varsovie & vers les extremitez de l'Italie & l'Espagne, & depuis Londres jusqu'à Constantinople, de cent lieuës en cent lieuës; mais quoyque plusieurs curieux à qui j'en avois parlé ou écrit me l'eussent promis, & que de mon côté je fisse exactement les miennes à Paris & ailleurs, je n'en ay pû avoir que fort peu de correspondantes dont je parleray dans la suite.

Aristote & quelques autres Philosophes ont cru que les vents procedent des exhalaisons ou fumées élevées de la terre, lorsqu'elles se refléchissent aprés être montées perpendiculairement jusques à la moyenne region de l'air. Cette opinion a fort peu de vray-semblance, car les exha-

laiſons s'élevent fort lentement, & par conſequent leur reflexion ne peut donner qu'un foible mouvement à l'air, & ne peut produire qu'un vent tres-mediocre, qui ne regneroit ordinairement que dans la moyenne region de l'air, & ne deſcendroit pas juſques à la ſurface de la terre. Il eſt vray que s'il s'éleve en quelque lieu particulier une extraordinaire quantité d'exhalaiſons & de vapeurs, elles pourroient occuper aſſez de place dans l'air pour en repouſſer une partie en circonference, mais ce mouvement d'air ſeul ſeroit trop foible pour produire un vent conſiderable, & qui eût une viteſſe égale à celle de la plus-part des vents. Il s'enſuivroit auſſi ſi cette opinion étoit veritable, qu'il ne viendroit point de vents de la mer Oceane vers les côtes de France & d'Eſpagne, puiſqu'il ne s'eleve point d'exhalaiſons des eaux de la mer ou tres-peu; mais ſeulement des vapeurs aqueuſes; & cependant il s'y fait ſouvent des vents d'Occident tres violens.

Monſieur Deſcartes qui a voulu rendre raiſon de toutes choſes, a cru que les nuées qui étoient ſur le point de ſe reſoudre en pluye, pouvoient produire les vents en tombant d'enhaut les unes ſur les autres; mais il n'a pas conſideré qu'il n'y a point de nuée ſi épaiſſe qui n'ait beau-

coup d'air dans les intervalles des vapeurs qui la compoſent, & que par cette raiſon l'air qui eſt entre-deux nuées peut paſſer facilement au travers à meſure qu'elles s'approchent l'une de l'autre, ou qu'elles tombent de haut en bas vers la terre; adjoûtez à cela que les nuées ſuperieures deſcendent ſi lentement ſur les inferieures, qu'il eſt impoſſible qu'elles donnent une grande viteſſe à l'air qui eſt entre-deux, & il ne peut jamais en reſulter un mouvement d'air d'un ſeul côté qui puiſſe être porté par une eſpace tant ſoit peu conſiderable. La raiſon qu'apporte cet Auteur pour prouver que ces nuées fort élevées produiſent les tempeſtes, ſçavoir que plus les corps peſans tombent de haut, plus leur chute eſt impetueuſe, eſt un pur ſophiſme : car cela n'arrive qu'aux corps fort peſans comme les pierres & les metaux, mais à l'égard des nuées qui commencent à deſcendre quand elles ſont ſur le point de ſe rendre en petites gouttes de pluyes, la plus grande viteſſe qu'elles puiſſent acquerir en deſcendant, eſt de faire cinq ou ſix pieds en l'eſpace d'une ſeconde, & ces petites gouttes peuvent acquerir cette viteſſe en venant ſeulement de cinquante pieds de haut. Ce même Auteur a encore tâché d'expliquer les vents par les dilatations inégales des va-

peurs, & a ſoûtenu que les vapeurs ſe dilatant mille fois plus que l'air à proportion, elles doivent être les cauſes des vents, donnant pour exemple le vent des Eolipiles ; mais tous ces raiſonnemens ſont fondez ſur de fauſſes ſuppoſitions : car il n'eſt point vray que l'eau étant extrêmement échauffée ne produiſe que des vapeurs, car elle produit auſſi beaucoup d'air & d'autres matieres encore plus rarefiées, comme il a été expliqué cy-devant, & c'eſt ce qui fait le vent des Eolipiles, & non pas les vapeurs aqueuſes que ces matieres rarefiées font ſortir avec elles. Car les vapeurs qui ne ſont autre choſe que de petites parcelles d'eau que la chaleur fait ſeparer du reſte de l'eau, ne ſe change point en air, & n'occupe pas davantage d'eſpace pour être plus rarefiées, puiſque cette dilatation n'eſt à parler proprement qu'une ſeparation de ces petites parcelles ; de la même maniere que lorſqu'on jette en l'air une poignée de cendres ou de pouſſiere dans une chambre, les petites parcelles de la cendre étant éparſes, n'occupent pas plus de place dans la chambre que lorſqu'elles étoient dans la main, & ne pouſſent pas l'air au dehors pour ſe faire faire place ; & s'il étoit vray que les vapeurs qui compoſent une nuée fiſſent naître des vents, la nuée demeureroit

immobile & pousseroit des vents de toutes part autour d'elle, ce qui est contraire aux observations ; car on voit par experience que les vents poussent & emportent les nuées d'un seul côté, & qu'ils occupent beaucoup plus d'espace en largeur que les plus grosses nuées. J'observay un jour étant au haut de la plate-forme de l'Observatoire, qu'il venoit une grosse nuée du côté du Couchant, dont on voyoit tomber une pluye fort épaisse ; cette pluye tomboit à 300. pas de l'Observatoire, qu'on ne sentoit encore aucun vent considerable sur la plate-forme ; Je descendis avec ceux qui étoient avec moy pour éviter l'orage qui dura sept ou huit minutes, & lorsqu'il fut fini, je vis la nuée qui étoit passée, & qui étoit déja fort éloignée ; mais il ne faisoit plus de vent considerable sur la plate-forme ; ce qui me fit connoître manifestement, que c'étoit le vent qui avoit causé cette pluye, & que la nuée d'où tomboit la pluye n'avoit pas produit le vent qui la poussoit, ce que j'explique en la maniere suivante.

Lorsqu'il s'excite par quelque cause que ce soit un vent assez grand en une partie de l'air proche de la terre, il chasse devant luy les vapeurs qu'il rencontre, & les amasse les unes contre les autres en peu de tems ; car s'il souffle avec une

viteſſe à faire 20 ou 25 pieds par ſeconde, il peut paſſer 6 ou 7 lieuës en une heure, & former une nuée de plus d'une lieuë de longueur & de largeur, comme étoit celle dont je viens de parler, & enfin lorſque les petites parcelles d'eau qui compoſent les vapeurs ſont tres-preſſées par le vent, il s'en forme des gouttes de pluye, comme il a été expliqué cy-devant, d'où il s'enſuit que c'eſt le vent qui fait les nuées & les pluyes, & que les nuées ne font point le vent.

Voici quelques conjectures qui me paroiſſent fort vray-ſemblables ſur les veritables cauſes des vents, leſquelles j'ay fondées ſur pluſieurs obſervations que j'ay faites ou fait faire, ou que j'ay tirées de pluſieurs relations de voyages de mer.

Je ſuppoſe que quelque viteſſe qui puiſſe être donnée à un eſpace d'air de la groſſeur d'une nuée, il ne peut continuer un mouvement ſenſible au travers du reſte de l'air immobile que juſques à un quart de lieuë au plus, ce qui eſt aiſé à prouver par experience en pouſſant le vent d'un ſoufflet d'une extremité d'une chambre vers l'autre.

Je ſuppoſe encore qu'il s'éleve plus de vapeurs des eaux des mers que des terres, & plus de fumées ſalpetreuſes & ſulphurées des terres découvertes, que de

de celles qui ſont ſous les eaux.

Cela étant ſuppoſé, je dis qu'il y a trois cauſes principales des vents, & quelques autres cauſes particulieres & moins importantes. Les trois principales & generales, ſont 1° le mouvement de la terre de l'Occident à l'Orient, ou ſi l'on n'admet point cette hypoteſe, celuy du Ciel de l'Orient à l'Occident.

2° Les viciſſitudes des rarefactions de l'air par la chaleur du Soleil, & de ſes condenſations lorſque le Soleil ceſſe de l'échauffer.

3° Les viciſſitudes des élevations de la Lune vers ſon apogée, & de ſes deſcentes vers ſon perigée.

Les cauſes particulieres les plus conſiderables ſont, 1° Quelques élevations extraordinaires d'exhalaiſons & de vapeurs de la terre en certains lieux.

1° La cheute de groſſes pluyes, ou de quelques greſles groſſes & épaiſſes.

3° Les éruptions de quantité d'exhalaiſons ſulphurées & ſalpetreuſes dans les tremblemens de terre.

4° Les ſoudaines fontes des neiges dans les hautes montagnes. Ces cauſes particulieres fortifient les cauſes principales, ou diminuënt & empêchent leurs efforts ſelon la diverſité des lieux & des tems, par pluſieurs combinaiſons. Les éruptions

des exhalaiſons peuvent être fort irregulieres dans les periodes des temps, & dans leur quantité & leur force, comme on voit des irregularitez dans les periodes des tremblemens de terre, & dans la variation de l'aiguille aimantée, & l'on peut rapporter les unes & les autres à quelques grands changemens qui ſe font de temps en temps dans l'interieur de la terre. L'on voit auſſi que les montagnes ardentes ne font pas leurs éruptions embraſées en des intervalles de temps limitez & periodiques.

Par ces cauſes tant generales que particulieres, on peut expliquer tous les vents, comme on le verra dans la ſuite.

Il eſt manifeſte, que ſi la terre ſe meut autour de ſon centre d'Occident en Orient la ſurface va beaucoup plus vîte ſous la ligne équinoxiale, qu'au 30. ou 40 degré de latitude de part & d'autre, & que cette ſurface entraîne avec ſoi l'air qui en eſt proche, mais avec un peu moins de viteſſe, ce qui doit faire paroître un mouvement d'air, d'Orient en Occident à ceux qui ſont ſous l'équateur, juſques à une latitude de plus de vingt degrez de part & d'autre, puiſque ce mouvement étant plus vîte que celuy de l'air qui la ſuit, ils doivent ſentir le chocq de l'air qu'ils rencontrent ſucceſſivement, & c'eſt

de là que peuvent proceder ces vents qu'on appelle Alizez, qui regnent presque toujours entre les deux tropiques ; mais qui ont cette difference, que lorsque le Soleil est au tropique du Cancer, il se fait ordinairement un vent d'*Est-nord-est*, ou de *Nord-est*, & que quand il est vers le tropique de Capricorne, ce vent est ordinairement *Sud-est*, ce qu'on explique aisément par la seconde cause ; sçavoir, la rarefaction de l'air excitée par la chaleur du Soleil : Car lorsqu'il est dans les signes du Capicorne & du Sagittaire, il échauffe beaucoup l'air & les terres qui sont au dessous : d'où il arrive que cet air étant extrêmement dilaté, & celuy qui est sous les signes opposez s'étant condensé en même temps par le froid de l'hyver qui y regne alors ; il se fait necessairement un mouvement d'air du midy vers le Septentrion, lequel se joignant au mouvement qui va d'Orient en Occident, il doit faire un vent composé des deux ; Sçavoir un *Sud-est*, ou *Est-Sud-est* ; & au contraire quand le Soleil est dans le tropique du Cancer, il doit se faire un mouvement d'air du Septentrion vers l'autre Pole, qui se joignant au même mouvement de l'Orient à l'Occident, fait le vent de *Nord-est*, ou *d'Est-nord-est*.

Les Relations de quelques Pilotes por-

rent que les vents d'Occident regnent ordinairement dans la mer Oceane, depuis le 27 degré jusques au 40: J'explique ces vents en la maniere suivante, prenant le 33 degré de latitude pour exemple.

L'air qui est entre les deux tropiques va un peu moins vîte vers l'Orient que la terre qui est au dessous, puisqu'on n'y sent qu'un vent mediocre, qui ne fait pas ordinairement plus de huit ou dix pieds en une seconde, au lieu que la surface de la terre qui est sous l'équateur, fait dans le même-temps environ 1423 pieds: mais la surface de la terre au 33 degré de latitude, ne fait que 1195 pieds; & par consequent si l'air qui est en ce parallele alloit aussi vîte que celuy qui est sous l'équateur, il iroit plus vîte que cette surface d'environ 228 pieds par seconde. Or si l'air du 33 degré n'avoit son mouvement que de la terre qui est au dessous qui l'entraine, on y sentiroit un vent d'Orient, dont la viteſſe seroit d'environ 8 ou 10 pieds par seconde; mais parce que l'air qui est depuis l'équateur jusques au 10 degré, entraine celuy qui est à côté toujours en diminuant jusques au 33 degré, il peut arriver que cette diminution s'y reduise à 20 pieds par seconde, de maniere qu'étant jointe à la diminution de 10.

pieds par ſeconde en un ſens contraire qui ſe feroit s'il n'y avoit point d'autre cauſe, l'air y ſera pouſſé à faire 10 pieds par ſeconde, plus que la ſurface de la terre vers l'Orient, & qu'on y ſentira un vent d'Occident, auſſi grand que les vents Alizez le ſont entre les deux tropiques. Ajoutez à cela que les vents Alizez rencontrant les côtes de l'Amerique courbées en demy-lune depuis la Cayenne juſques au Golphe de Mexique, peuvent ſe réfléchir contre leurs hautes montagnes, & aider à produire ces vents d'Occident, & augmenter leur viteſſe, & ces vents ſeroient perpetuels s'ils n'étoient empêchez quelquefois par une ou pluſieurs des autres cauſes dont on a parlé cy-devant.

Il y a beaucoup d'endroits entre les deux tropiques où il ſe fait des vents extraordinaires qui viennent des terres vers la mer ſur l'entrée de la nuit, & de la mer contre les côtes depuis que le Soleil eſt levé juſques vers midy ; on explique ces vents en la maniere ſuivante.

Suppoſons une grande Iſle qui ſoit au 15, ou au 20 dégré de latitude, où les vents Alizez peuvent être foibles ; le Soleil échauffant les terres de cette Iſle depuis midy juſques à 4 ou 5 heures du ſoir, & en même temps la mer qui en eſt proche, il ne ſe fait point de mouvement d'air

ſenſible par cette cauſe ; mais immediatement aprés le Soleil couché, l'air de la mer ſe condenſe beaucoup en ſe refroidiſſant, & les terres de l'Iſle conſervant longtemps leur chaleur, l'air qui eſt au deſſus ne ſe condenſe que peu à peu, & beaucoup moins au commencement que celuy de la mer ; d'où il doit arriver qu'il ſe fera un vent par le mouvement de l'air de l'Iſle qui coule pour remplir la place de celuy qui s'eſt beaucoup condenſé au deſſus de la mer voiſine. Mais au moment que le Soleil ſe leve, les terres de l'Iſle étant refroidies par la longueur de la nuit, & l'air s'y étant beaucoup condenſé, il ſe doit faire un réflux de l'air qui s'étoit avancé vers la mer, aſſez grand pour produire un petit vent venant de la mer contre les côtes.

Les viciſſitudes des vents, ou leur flux & réflux ſe remarquent encore ſelon quelques Relations le long de la mer Mediterranée en de certaines ſaiſons de l'année ; car elles aſſurent qu'il s'y fait un vent d'Orient le matin, & un vent d'Occident le ſoir. Le premier peut proceder de la dilatation de l'air qui ſe fait vers les pays qui ſont Orientaux à cette mer ; ſçavoir : la Natolie, l'Arabie, &c. où le Soleil eſt déja fort élevé, quand il ſe leve à l'égard du milieu de la Mediterranée, & cette di-

laration peut faire ſentir un vent d'Orient vers les Iſles de Malte & de Sicile : mais deux ou trois heures aprés midy le vent d'Occident s'y doit faire ſentir juſques bien avant dans la nuit, à cauſe de la dilatation de l'air par la chaleur du Soleil, qui échauffe alors fortement les terres qui ſont au delà de cette mer en Eſpagne & en l'Affrique, & ceſſe d'échauffer celles qui ſont vers l'Orient ; d'où il arrive neceſſairement qu'il ſe fait un réflux d'air de l'Occident vers l'Orient dans le milieu de la Mediterranée.

Dans le commencement de Novembre il ſe fait dans l'Iſle de France, dans la Bourgogne, & dans la Champagne des vents du *Sud* qui amenent de grandes pluyes ; parce qu'alors les terres vers le Pole Septentrional ne voyent plus le Soleil, & l'air s'y condenſe beaucoup par un froid exceſſif, d'où il arrive que les terres de l'Affrique étant alors beaucoup échauffées, y pouſſent leur air pluſieurs jours durant, & y en font amaſſer au delà de l'équilibre dont il réfluë & fait un vent de *Nord-eſt* aſſez doux à cauſe du vent du Midy qui y a porté un air chaud, lequel venant à réfluër donne un beau temps & peu froid 3 ou 4 jours de ſuite, & c'eſt ce qu'on appelle l'eſté de la Saint Denis ou de la Saint Martin.

On peut aiſément comprendre que lorſque le Soleil luit à plomb ſur un grand eſpace de terre, l'air qui eſt au deſſus s'échauffe beaucoup, & s'étend de toutes parts en circonference, & que l'air s'y refroidiſſant de toutes parts en circonference, par l'abſence du Soleil, il y doit venir un réflux d'air. Ce flux & réflux de l'air ſe voit bien ſouvent en petit. Monſieur Huggens me dit un jour qu'il avoit obſervé que ſa chambre étant bien fermée, ſon Barometre qui étoit un de ceux qui font baiſſer leur liqueur par la plus grande peſanteur de l'air, & dont les changemens de hauteur ſont fort ſenſibles, s'étoit baiſſé & hauſſé alternativement pluſieurs fois en un quart-d'heure. J'en attribuay la cauſe à quelque vent qui s'étoit rabatu dans la cheminée de ſa chambre, lequel y ayant preſſé l'air, luy avoit donné une plus grande force de reſſort qui avoit fait deſcendre la liqueur de ſon Barometre, & cet air condenſé ayant enſuite la liberté de s'étendre par la ceſſation de la cauſe, repaſſoit par la cheminée, & ſon reſſort étant diminué la liqueur du Barometre remontoit; & parce que le mouvement acquis par l'air qui remontoit par le tuyau de la cheminée en faiſoit ſortir beaucoup plus que ſelon la proportion de l'équilibre, il ſe faiſoit

faisoit de nouveau une descente de l'air par le-même tuïau, qui mettoit en colere la condensation de l'air de la chambre au delà de l'équilibre, & faisoit descendre la liqueur du Barometre, & ainsi de suite, en diminuant peu à peu jusques à une entiere reduction à l'équilibre

J'ay vû un semblable effet dans un fourneau où l'on faisoit de la chaux, il étoit comme une petite chambre voûtée où il y avoit dans le milieu une fenêtre quarrée d'un pied & demy de largeur, par laquelle on jettoit le bois pour entretenir le feu. Il arrivoit que le feu étant grand, l'air enfermé se dilatoit extrêmement, & qu'il sortoit en partie par la fenêtre avec beaucoup de viteſſe, & le feu s'étant alors diminué par le defaut de l'air, la chaleur de l'air enfermé diminuoit, & devenant par consequent moins rarefié, il en rentroit neceſſairement par la fenêtre en forme de vent qui souffloit le feu & le ralumoit, ce qui faisoit dilater l'air de nouveau par une augmentation de chaleur, & le faisoit resortir encore par la fenêtre. Cette viciſſitude faisoit une espece de reſpiration semblable à celle des animaux ; ceux qui faisoient ce travail me dirent que la même choſe se faisoit dans tous leurs fourneaux à chaux, & ils me firent remar-

quer que les papillons & les autres animaux qui volent la nuit vers la lueur du feu, étant à un pied ou deux de la fenêtre étoient entrainez dans le fourneau par l'air qui y rentroit avec une grande viteſſe aprés en être ſorti. Le temps de chaque reſpiration étoit trois ou quatre fois plus long que celuy de la reſpiration des animaux.

J'ay remarquay par pluſieurs obſervations qu'à Paris & dans le voiſinage, les vents font en 15 jours à peu prés une revolution entiere, ſoufflant ſucceſſivement de toutes les parties de l'horiſon, & qu'aux nouvelles & pleines-lunes le vent eſt preſque toûjours *N. & N. E.* C'eſt à-dire, que s'il ſe fait un vent de *Nord* à la nouvelle lune, il paſſe à *l'Eſt* dans trois ou quatre jours, & en ſuite au *Sud*, puis à *l'Oüeſt*, & ſe remet au *Nord* vers la pleine-lune, d'où il repaſſe ſucceſſivement vers *l'Eſt*, le *Sud* & *l'Oüeſt*, revient à la nouvelle lune au *Nord* ou au *Nord-eſt*. Quelques-uns de ces vents tournent quelques-ques-fois un peu en arriere, comme de *l'Oüeſt* au *Sud-Oüeſt*, & du *Nord-Eſt* au *Nord*, & alors ces vents durent ſept ou huit jours: mais ils ne font preſque jamais un tour entier. Il arrive auſſi quelques-fois que le vent paſſe de *l'Oüeſt* au *Nord-Eſt*, & de *l'Eſt* au *Sud-Oüeſt*, ſans que les vents d'en-

tre-deux ſe faſſent remarquer.

On peut expliquer ces revolutions de vents par la troiſiéme cauſe principale, en la maniere ſuivante.

Il eſt tres-vray-ſemblable que la Lune ſe levant à ſon apogée doit entrainer beaucoup d'air aprés elle, ſi l'on ſuppoſe qu'elle nage dans l'air, & que ſon diametre ſoit de 5 à 6 cens lieuës, comme les Aſtronômes l'aſſurent; car en s'élevant elle doit entrainer l'air qui eſt luy proche, celui-cy l'air qui eſt au deſſous, juſqu'aux terres qui ſont ſous la zone torride; & par cette raiſon l'air qui eſt proche des poles de part & d'autre y doit couler pour conſerver l'équilibre du reſſort, ce qui doit produire le *Nord* vers le milieu de la zone temperée Septentrionale, lequel ſe joignant avec le vent *d'Eſt* qui eſt produit par la même cauſe premiere, ſçavoir par le mouvement de la terre, compoſe le *Nord-Eſt* qui regne à Paris ordinairement dans les nouvelles lunes.

Il ſe doit faire encore un petit vent de *Nord* par le grand mouvement de l'air entrainé par la terre, depuis la ligne équinoctiale juſques au 50 ou 60 degré. J'ay experimenté que faiſant tourner bien vîte une boule de plomb de deux pouces de diametre proche d'un ſeau plein d'eau, il s'élevoit vers la boule de petites ſaletez qui étoient au fond du ſeau; & ayant ſuſ-

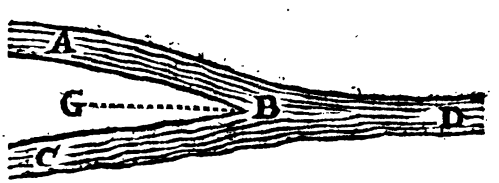
pendu une boule de 8 pouces de diamétre ; & la faisant tourner mediocrement vîte, il se faisoit un grand mouvement d'air à côté, & un autre fort petit de bas en haut vers le pole de la boule ; ce que je connoissois par de petits duvets posez sur le haut d'un petit bâton perpendiculaire, distant de deux ou trois pouces de la boule, lesquels se mouvoient comme pour se lever vers elle ; mais ce vent étoit tres-foible. D'où l'on peut juger que l'air vers les poles se meut contre la terre, & peut s'étendre jusques au 50 degré, & puis incontinent aprés que cette cause a cessé, & avant que le reflux de l'air élevé par la lune revienne vers les poles, & le mouvement de la terre d'Occident en Orient peut faire paroître un vent *d'Est* seul, qui d'ordinaire ne dure qu'un jour ou deux ; car la lune revenant à son perigée, pousse reciproquement l'air vers les poles, & il se fait au commencement un *Sud-Est* par la combinaison de ce mouvement d'air vers les poles, & de celuy qui vient de l'Orient. Le Sud predomine ensuite jusques à ce que le grand mouvement des vents d'Occident qui regnent jusques au 40 degré, comme il a été dit, & qui peuvent quelquesfois s'étendre à huit ou dix degrez plus loin, s'avançant un peu vers les climats Septentrionaux, & se me-

tant avec les vents du *Sud*, faſſent le *Sud-Oüeſt*; & le reflux du *Sud* étant ceſſé, le ſeul vent *d'Oüeſt* peut regner juſques à ce que le reflux de l'air, que le Sud avoit pouſſé vers le *Nord*, joint à celuy qui eſt entrainé par l'élevation ſuivante de la lune vers ſon apogée, & par le petit mouvement dont il a été parlé, faſſe le *Nord* & le *Nord-Eſt*, comme à la nouvelle lune. Cette periode & viciſſitude des vents arrive deux fois à chaque mois lunaire. J'ay l'ay obſervé pendant pluſieurs années, & quoy qu'il y arrive quelques irregularitez par les combinaiſons des cauſes particulieres; j'ay preſque toûjours trouvé que le *Nord-Eſt* regnoit aux nouvelles & pleines lunes: & le *Sud* & *l'Oüeſt* aux quadratures: mais on doit remarquer, que comme dans les Rivieres où le flux de la mer eſt pouſſé bien haut, le reflux commence à ſe faire vers leurs embouchures pendant que le flux monte encore aux endroits les plus éloignez; ainſi le *Nord* ou le *Nord-Eſt* ne ſoufflent pas à Paris en même-temps que la lune eſt à ſon apogée, & que ce n'eſt qu'aprés qu'elle s'eſt beaucoup raprochée de la terre. Il eſt encore aiſé de juger que lorſque la lune eſt vers le tropique du Capricorne dans ſa plus grande latitude auſtrale, l'air qu'elle éleve alors ou qu'elle re-

pouſſe, met beaucoup plus de temps à faire ſentir ſon mouvement vers les pays Septentrionaux, que lorſqu'elle eſt à ſa plus grande proximité du pole Boreal, & même que le mouvement peut être trop foible pour s'étendre juſques vers le 50 degré de latitude Septentrionale. J'ay obſervé quelquesfois à Paris que le vent ayant été *Nord-Eſt* 7 ou 8 jours de ſuite, & que les vents du *Sud* devant ſouffler à leur tour, le *Nord-Eſt* regnoit encore par bas; mais il y avoit des nuées fort élevées qui étoient pouſſées en même temps par le Sud, mais fort foiblement; ce qui me fit juger que vers le 40 degré de latitude le *Sud* & le *Sud-Oüeſt* pouvoient être alors aſſez grands pour y regner ſeuls. Il doit arriver auſſi que les élevations inégales de la lune feront des differences conſiderables à l'égard de ces vents, & tant pour leurs forces, que pour les jours où ils doivent regner. Il eſt même neceſſaire qu'il arrive beaucoup d'irregularitez dans ces vents par le mélange des cauſes particulieres dont il a été parlé; mais ces vents doivent être moins irreguliers dans les lieux où il y a peu de montagnes, comme dans l'Iſle de France & dans la Champagne, que dans les lieux fort montagneux.

Le mouvement des vents n'eſt jamais

uniforme non plus que le courant des rivieres, & il s'y fait de la même maniere des vagues & des tournoyemens qu'on appelle des tourbillons qui ont de differentes viteſſes. On obſerve dans les grands orages que dans une largeur d'un quart de lieuë, où la plus-part des arbres ont été abatus, il y a des intervalles où il n'y en a point d'abatus, parce que le vent y a été moins violent. On remarque auſſi que tous les vents ſoufflent à repriſes & par bouffées, ce qu'on reconnoît même par le ſon des cloches qu'on entend s'affoiblir ou s'augmenter dans de petites intervalles de temps. En voicy les cauſes. Supposons qu'un grand vent ayant beaucoup de largeur rencontre vers G des maiſons & de petites éminences, qui le faſſent refléchir en quelques endroits, & faire des vagues non parallelles comme A, B, C, D, il eſt évident que le reſſort qu'elles feront par leur rencontre en B, fera aller



plus vîte la vague BD, & que celle qui eſt

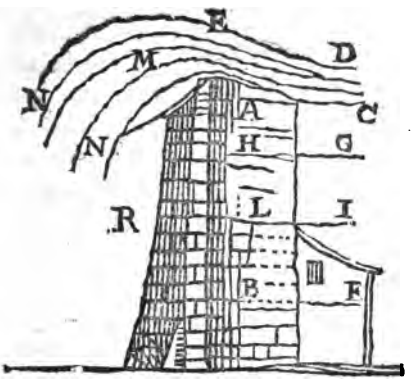
dans la direction G B choquera enſuite bien plus foiblement l'oreille en B. La meſme choſe doit arriver en tous les autres endroits du vent.

Il arrive quelque-fois que lorſqu'un grand vent en rencontre à côté un autre plus foible, ſoit qu'il luy ſoit oppoſé ou non, il emporte l'air qui luy eſt le plus proche, & le fait tourner en rond avec une grande viteſſe, & ce tournoyement d'air qu'on appelle un tourbillon, s'avance avec le vent le plus fort, & enleve tout ce qu'il enveloppe qui n'a pas beaucoup de peſanteur; comme la pouſſiere, les feüilles ſeches, & même des tas de foin tous entiers qui vont quelquesfois tomber à plus d'un quart de lieuë de diſtance. Ces tourbillons enlevent auſſi quelquesfois une grande quantité de l'eau de la mer, qui paroît à ceux qui la voyent de loin, comme une grande colomne d'eau.

On voit un exemple de ces vents qui vont à côté l'un de l'autre en un ſens contraire dans de certaines cheminées lorſqu'on y fait un grand feu, la chambre demeurant fermée : car l'air rarefié & la flamme qui s'élevent font ſuivre une partie de l'air de la chambre, & celuy qui reſte étant trop dilaté par ce moyen, il faut neceſſairement qu'il en revienne de haut en bas par la cheminée, lequel ramene

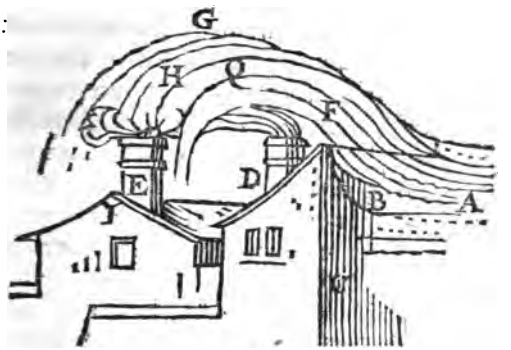
une partie de la fumée, & la répand par la chambre, & ordinairement la fumée & l'air rarefié montent d'un côté, & l'air pesant descend par l'autre avec une partie de la fumée, ce qu'on évite en laissant la porte ou une fenêtre à demy-ouverte : car l'air qui y entre suit le mouvement de la fumée par la cheminée, & remplit suffisamment la chambre ; & s'il y avoit seulement un trou d'un pouce de diametre dans la fenêtre ou dans la porte pour laisser entre l'air du dehors, il s'y feroit un vent si grand qu'il éteindroit les chandelles qu'on y exposeroit.

Lorsque le vent rencontre un obstacle comme une grande muraille, il change sa direction, & se rabat au-delà de cet obstacle, comme on le voit dans cette figure,



en laquelle A B repreſente la muraille ; & les lignes C A, G H, I L, F B, la direction du vent étant libre. Or il eſt évident que l'air ſe met en reſſort entre A & B, & que ne pouvant s'étendre vers embas, il s'étend du côté de C A, comme juſques à D E, & l'air qui eſt vers R ayant peu de mouvement, celuy qui eſt en D E M, y eſt pouſſé par celuy qui eſt plus haut de M en N comme on le voit arriver à l'eau, au delà des piles des ponts où elle eſt fort rapide.

De là il s'enſuit, que ſi du côté que vient le vent il y a une muraille plus haute qu'une cheminée, la fumée en ſort difficilement, parce que le vent rabat en tourbillon aprés avoir paſſé la muraille, & entre avec force dans le tuyau de la cheminée ; & quand même le mur ſeroit de niveau avec la cheminée, & un peu éloigné, il feroit à peu prés un ſemblable effet, comme on le peut juger par la figure ſuivante, en laquelle A B marque la direction du vent, B C eſt le mur oppoſé à cette direction, D E ſont deux tuyaux de cheminée à même hauteur que le mur. Le vent qui rencontre le mur eſt repouſſé comme en F G, & n'entre point dans la cheminée D, au contraire il entraîne avec violence la fumée qui en ſort : mais le vent ſuperieur A B qui conſerve ſa violence le



rencontrant en G, se fait aller en tourbillon, & luy donne le mouvement en rond G H E, & par consequent il se rabat dans la cheminée E, & empêche la fumée d'en sortir. Que si le vent frape obliquement la muraille qui est au devant des cheminées, la fumée montera assez librement, car la partie du vent A B se refléchira par le côté, & ne s'élevera point ou fort peu; & par consequent il ne fera point de tourbillon considerable qui rabatte les fumées.

La diversité des vents qui regnent en même temps en differens endroits, procede de plusieurs causes.

La premiere est, que les vents vont toûjours par un grand cercle, d'où il est aisé

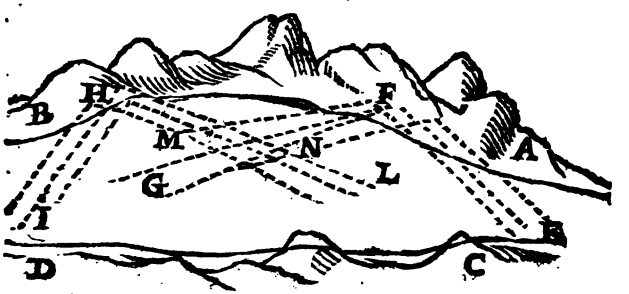
de juger, que ſi un même vent *d'Oüeſt* ou *Sud-Oüeſt* faiſoit le tour de la terre, il paroîtroit fort different dans les lieux fort éloignez les uns des autres.

La ſeconde cauſe eſt, qu'un grand vent ſoufflant en un endroit entraine l'air qui eſt deçà & delà en le pouſſant un peu à côté, comme l'on voit que dans les rivieres, lorſque le milieu va tres vîte, il pouſſe des vagues un peu obliquement vers les rivages.

La troiſiéme cauſe eſt, lorſque dans deux endroits de la terre éloignez l'un de l'autre d'environ 100 lieuës, il ſe fait une grande élevation de vapeurs & d'exhalaiſons qui pouſſent l'air en circonference, ſoit en même temps, ſoit dans l'intervalle de quelques heures, il s'étend neceſſairement deux vents contraires de l'un de ces lieux vers l'autre, leſquels s'étant rencontrez refluent des directions oppoſées.

La quatriéme cauſe eſt la rencontre des hautes montagnes, qui font refléchir les vents, & leur font ſuivre leurs directions. On en voit un exemple dans le lac de Genéve qui s'étend entre deux rangs de hautes montagnes par l'eſpace de douze grandes lieuës depuis Genéve juſques à Lauzane; car il n'y regne preſque jamais que deux vents qui ſe ſuccedent l'un à l'autre, & vont ſelon la direction du lac,

qui pourroient même aller l'un contre l'autre vers le milieu du lac, s'il faiſoit un vent à Genéve qui fût un peu oblique à la direction des montagnes, & un autre à Lauzane qui fût oblique en un autre ſens, comme ſi E F, I H ſont les vents, A B C D les montagnes, car E F ſe refléchiſſant en F G, & en I H en H L, ces vents ſeroient contraires vers M N.



La même choſe arrive au port d'Ambleteuſe proche de Calais, où *l'Oüeſt-Sud-Oüeſt* ſouffle environ les trois quarts de l'année, à cauſe que les côtes d'Angleterre & celles de France qui leur ſont oppoſées en cet endroit ont cette direction, & à dix lieuës de là il peut faire un vent de *Sud-Eſt* ou de *Nord*.

J'ay fait faire des obſervations prés de la verrerie de Cherbourg, leſquelles m'ont fait connoître qu'il n'y regne que deux vents oppoſez qui ſe ſuccedent alternati-

vement, ſçavoir le *NE* & *SO*, ce qui arrive par la même cauſe des directions de quelques montagnes.

Monſieur Varin qui a fait des obſervations en l'Iſle de la Gorée proche le Cap-vert, m'a aſſuré que le vent de *Nord-Oueſt* y regne ſouvent au lieu des vents d'Orient; ce qui procede de ce qu'il y a de hautes montagnes à une lieuë de diſtance de cette Iſle du côté du *Nord-Oueſt*, qui refléchiſſent vers elle, les vents Alizez, *Eſt* ou *SE*, y font ſentir un *Nord-Oueſt* lorſque ces mêmes vents Alizez ſe font ſentir en même temps à dix lieuës au-delà de cette Iſle en pleine mer. J'ay encore appris par pluſieurs Relations, que quand des vaiſſeaux paſſent le long des côtes de Genes où il y a de tres-hautes montagnes, dont quelques-unes ont entre-elles de longues vallées, qui ont leur direction vers la mer, on ſent un vent conſiderable qui vient des terres vers les vaiſſeaux quand ils ſont vis-à-vis de quelqu'une de ces vallées.

J'ay connu encore de grandes diverſitez de vents en même temps par les obſervations faites à Varſovie en Pologne par M. Deſnoyers, & à Abordon en Ecoſſe par M. Gregori, en les comparant à celles que je faiſois à Paris en même temps; car ſouvent les vents y ſont differents de ceux de

Paris de la huitiéme partie de la Bouſſole, comme ſi le vent eſt *S O* à Paris, il ſera *Oueſt* à Abordon. Les vents ſont quelquesfois opoſez à Paris & à Varſovie, le vent étant un jour *Sud-Oueſt* à Paris, il étoit *Nord-Eſt* à Varſovie, ces Villes ſont ſituées à peu prés *O S O*, & *Eſt Nord-Eſt* à l'égard l'une de l'autre, d'où il s'enſuit que ces vents s'étoient preſque rencontrez directement en quelque endroit de l'Allemagne proche de la Pologne ou de la France. J'ay encore remarqué cette oppoſition de vent en un même endroit en faiſant voyage par le moyen de beaucoup de neige qui étoit tombée la nuit; car on voyoit qu'elle avoit été pouſſée dans l'eſpace d'une lieuë par un *Sud-Eſt*, que dans la lieuë ſuivante il y avoit eu un calme, & que dans les trois ou quatre lieuës ſuivantes, la neige avoit été pouſſée par un *Nord-Oueſt*, ce que je connoiſſois aiſément aux riges & aux groſſes branches des arbres qui n'avoient de la neige que du côté d'où le vent étoit venu.

J'ay remarqué encore un ſemblable effet par des obſervations faites en même temps à Paris, à Loches & au Mont de Marſan en Guyenne; car un *Sud-Sud-Oueſt* ayant regné trois jours de ſuite en ces trois lieux qui ſont dans la direction

à peu prés de *S S O* au *Nord-Nord-Eſt*; il ſe fit un *Nord-Nord-Eſt* à Paris, le *S S O* regnant encore à Loches, & au Mont de Marſan : le lendemain le *Nord-Nord-Eſt* étoit à Loches & à Paris, & *S S O* au Mont de Marſan & enfin le troiſiéme jour le *Nord-Nord-Eſt* ſouffloit en ces trois Villes : d'où je connus manifeſtement que les vents ſe repouſſent quelquesfois les uns les autres, & que le plus fort emporte celuy qui luy eſt oppoſé. Dans les mêmes obſervations correſpondantes, j'ay remarqué qu'un vent *d'Oüeſt* violent ayant regné à Loches, il y faiſoit en même temps à Paris un *Oueſt-Sud-Oueſt*, & un *Oueſt-Nord-Eſt* au Mont de Marſan, ce qui ſe rapporte à la ſeconde cauſe de la diverſité des vents.

J'ay reconnu ſouvent une grande diverſité de vents en même temps dans un même lieu, lorſqu'il y avoit deux ou trois étages de nuées; ce qui ſe peut expliquer en ſuppoſant que les nuées élevées ſont ordinairement pouſſées par les vents de Midy, & que les plus baſſes ſont pouſſées par le Nord : car quand cela arrive en même temps, les nuées du premier & du deuxiéme étage doivent aller en un ſens contraire, & cela n'empêche pas que des nuées beaucoup plus élevées ne puiſſent être pouſſées par un vent d'Orient qui regne

regne toujours quand il n'eſt point empêché par d'autres cauſes, ou par un vent d'*Oueſt* produit par la troiſiéme cauſe principale, ou par quelqu'autre cauſe particuliere.

Pour bien remarquer cette diverſité de mouvement des nuées, il faut regarder la pointe de quelque clocher, ou quelque autre objet fixe fort élevé, afin de pouvoir comparer les divers mouvemens des nuées ſuperieures & inferieures, car autrement on pourroit croire que deux nuées differemment éloignées de la terre, iroient ſelon des directions oppoſées, quoy-qu'elles fuſſent portées du même côté, parce que les ſuperieures paroiſſent aller plus lentement que celles qui ſont au deſſous quoy-quelles aillent auſſi vîte, & cette apparence de retardement pourroit faire juger qu'elles iroient en un ſens oppoſé. On peut ſuppoſer que le vent d'Orient n'eſt proprement qu'une apparence de vent, puiſque le mouvement de l'air va du même côté que la ſurface de la terre.

Cette contrarieté de vents en un même lieu dans differentes élevations de l'air, peut proceder de ce qu'un grand vent qui eſt porté le long d'une valée, & qui par conſequent a peu de largeur & d'élevation, en peut rencontrer un autre qui occupe dans l'air un eſpace beaucoup

plus gand, & alors le vent inferieur peut forcer une partie de l'autre, ſçavoir celle qui eſt proche de la terre, luy laiſſant ſon cours libre dans le haut de l'air où ſont les nuées élevées : mais quand deux vents contraires ſont également forts & de même largeur & hauteur, ils s'arrêtent l'un l'autre & font un calme à l'endroit de leur rencontre, & y ayant amaſſé beaucoup d'air ils le preſſent & le mettent en reſſort, d'où il arrive que cet air pour ſe mettre en liberté, reflue de part & d'autre, & fait deux autres vents contraires qui ont leur origine en cet endroit.

S'il fait un vent de *Sud* en hyver qui vienne de loin, il peut pouſſer des nuées fort élevées, parce que ſoufflant en ligne droite ſelon une tangente, il s'éloigne de la terre de plus en plus en s'avançant ; & enfin ayant beaucoup condenſé l'air ſuperieur, le reſſort de cet air peut faire un vent de *Nord* proche de la terre qui pouſſera de la pluye ou de la neige ; ce que j'ay veu arriver pluſieurs fois. On pourra expliquer de même tous les vents qui regnent par toute la terre par ces differentes cauſes, tant generales que particulieres.

A l'égard des orages & des grandes tempêtes, il eſt difficile de les expliquer par des cauſes ordinaires. On remarque que

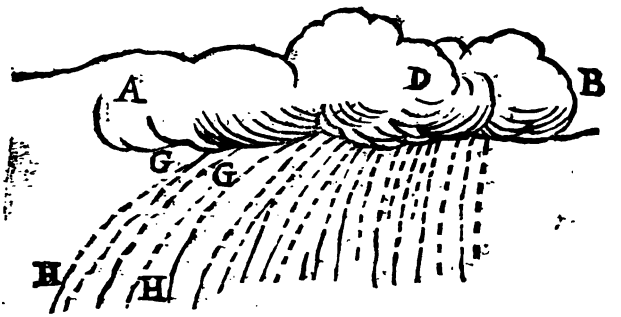
lorſqu'en été il fait des pluyes épaiſſes & à groſſes gouttes, elles ſont toujours accompagnées d'un vent tres-violent qui les précede de quelques ſecondes, & que ſa violence ceſſe auſſi-tôt que la nuée eſt paſſée. J'explique ces orages dont quelques-un ſont capables de renverſer des arbres & enlever les toits des maiſons, en la maniere ſuivante.

Lorſque deux vents aſſez larges inclinez l'un à l'autre de 15 ou de 16 degrez viennent de loin, & qu'ayant ramaſſé & pouſſé devant eux toutes les vapeurs qu'ils rencontrent, & en ayant formé chacun une nuée épaiſſe ils viennent à ſe rencontrer, ils condenſent l'air dans le lieu de leur rencontre, & le mettent en un grand reſſort, & ſelon les regles de la percuſſion ils le font aller plus vîte d'un tiers à peu prés que chacun d'eux; Suppoſant donc que ces vents aillent d'une viteſſe à faire 24 pieds en une ſeconde qui eſt la viteſſe ordinaire des vents incommodes & contre leſquels on a peine d'aller; le vent compoſé des deux ira avec une viteſſe à faire 32 pieds en une ſeconde, & la nuée épaiſſe qu'ils pouſſent étant élevée d'une demy-lieuë ou d'un quart de lieuë, les gouttes de pluye qui s'y forment ſont groſſes d'environ trois lignes de diametre & acquierent leur viteſſe complete à pou-

voir faire 32 pieds par seconde aprés 100 pieds de descente, comme il a été expliqué dans la fin du Traité de la percussion. Chaque goutte entraîne en tombant depuis la hauteur de la nuée deux ou trois fois autant d'air qu'elle est grosse, ce qui se prouve par l'experience d'une petite balle de plomb qu'on laisse tomber dans un seau d'eau : car dés qu'elle a touché le fond il s'en éleve deux ou trois bulles d'air aussi grosses qu'elle, lesquelles ne peuvent proceder que de l'air qui la suit jusques au fond l'eau. Or l'on sçait que dans beaucoup de lieux on se sert de certains soufflets pour faire fondre la mine de fer dans les fourneaux par la seule chute de l'eau, ce qui se fait ainsi. On a un tuyau de bois ou de fer blanc de 14 ou 15 pieds de hauteur & d'un pied de diametre qui est soudé dans une mediocre cuve renversée, dont le bas est posé sur un terrein ; en sorte que pour peu d'eau qui y tombe, elle ferme les ouvertures & l'air n'y peut plus passer ; on laisse au haut du tuyau une ouverture de trois ou quatre pouces de diametre, dans laquelle on met un entonnoir, dont le goulet est de la même grosseur, & on y fait tomber de 15, 20, ou 30 pieds de hauteur l'eau de quelque fontaine, dont la largeur en tombant est à peu prés égale à l'ouverture de

l'entonnoir, en ſorte qu'il ne peut s'y amaſſer de l'eau que de 5 ou 6 pouces de hauteur; Cette eau tombant entraine avec elle beaucoup d'air qui la ſuit juſques au deſſous de l'entonnoir, & même juſques au fond de la cuve, lequel ne peut reſortir par l'entonnoir à cauſe de la peſanteur de l'eau qui continuë de tomber & de la viteſſe de ſon mouvement; on met à côté de la cuve un tuyau qui va en étreciſſant juſques auprés du trou du fond du fourneau où le charbon doit être ſoufflé, & l'air preſſé & enfermé dans la cuve ne pouvant ſortir par en haut à cauſe de la cheute impetueuſe de l'eau qui occupe le trou de l'entonnoir, ny par embas à cauſe de l'eau qui s'y amaſſe, & qui s'éleve d'un pied ou de deux par deſſus les fentes qui reſtent entre la terre du fond & les douves de la cuve, il eſt contraint de ſortir avec une tres-grande force par le bout du canal, de maniere qu'il fait le même effet pour ſouffler le charbon, que les plus grands ſoufflets de cuir dont l'on ſe ſert ailleurs. Il doit donc arriver que l'eau qui tombe de la nuée en groſſes goutes & en grande abondance, entrainant beaucoup d'air, comme il a été prouvé, cet air ne peut remonter quand il eſt proche de la terre, à cauſe des autres goutes qui tombent avec impetuoſité: il ne peut auſſi s'étendre

vers le derriere de la nuée, parce qu'il est soûtenu par le grand vent qui la chasse, ny même par les côtez ou fort peu, parce que le même vent presse la nuée par les deux côtez. Il reste donc que tout son effort se fasse vers le devant de la pluye, & que cet effort joint à celuy du vent qui emporte la nuée soit environ deux fois plus vîte que le vent qui la pousse, & que ce vent augmenté fasse plus de 60 pieds en une seconde, alors il peut renverser des arbres, comme on le prouvera ensuite. Il ne peut preceder la pluye que d'environ trois ou quatre cens pas pour l'ordinaire, par la raison qui a été dite, qu'un espace d'air de telle viteſſe qu'il soit poussé, ne peut continuer son mouvement bien loin en ligne droite si la cause de l'impulsion cesse. Je me suis confirmé dans cette hypothese en voyant d'une lieuë de distance une nuée épaisse d'où il tomboit de la pluye : car du côté d'où venoit le vent les gouttes tomboient presque toutes droites : mais dans le milieu & jusques aux premieres gouttes, elles faisoient un angle de plus de 45 degrez, comme en la Figure suivante, à laquelle A B est la nuée, B D le côté d'où vient le vent, & G H les gouttes les plus avancées.



La même choſe doit arriver par la greſle, & même ſi elle étoit fort épaiſſe, & les grains fort gros, ils entraineroient davantage l'air du haut en bas, & feroient une tempête encore plus impetueuſe, dont la viteſſe pourroit être de 75 pieds par ſeconde. Les grands vents qui ſe font ſans pluye peuvent proceder de la combinaiſon de trois ou quatre cauſes, & ils viennent ordinairement du *Sud-ſud-oueſt* : il peut donc arriver qu'en même temps, il s'éleve une tres-grande quantité de vapeurs & d'exhalaiſons dans l'Affrique, qu'il y faſſe tres-chaud trois ou quatre jours de ſuite, que les terres Septentrionales ſe refroidiſſent, & que la Lune deſcendant vers ſon perigée de ſon plus haut apogée, ſe faſſe un reflux de l'air qui a été porté par un *Nord-eſt* : ces quatre cauſes enſem-

ble feront un vent assez impetueux qui regnera successivement depuis l'Affrique jusques en Angleterre.

J'observay un jour une grande tempête à Paris venant du *Sud*, & j'apris ensuite par des relations assurées, que deux ou trois jours auparavant il s'étoit fait un furieux orage vers les côtes d'Alger. Cette Ville est à peu prés dans le même Meridien que Paris, si ce vent faisoit 30 pieds par seconde, il pouvoit arriver en deux jours d'Alger à Paris. Pour exprimer les houragans qu'on sent presque tous les ans dans quelques-unes des Isles Antilles, il faut avoir recours à quelques autres causes. 1°. Parce que ces tempêtes sont beaucoup plus violentes, & font plus de 100 pieds en une seconde; 2° Qu'elles ne durent que sept ou huit heures; 3° Qu'elles ne se font guerres souvent ailleurs, que dans quelques-unes de ces Isles; 4° Qu'elles commencent ordinairement par un *Nord-ouest* qui se change successivement en d'autres vent, sçavoir *l'Ouest*, le *Sud-ouest*, le *Sud*, le *Sud-est*, le *Nord-est* & le *Nord*; 5° Qu'on trouve dans les mers voisines de ces Isles quantité de poissons morts, & qu'on y sent des tremblemens de terre; de toutes lesquelles circonstances on peut conjecturer que de la terre qui est au fond de ces mers, il se fait des éruptions d'exhalaisons

laiſons ſalpetreuſes & ſulphurées en plusieurs endroits ſucceſſivement qui ne peuvent être remarquées, parce que les vaiſſeaux qui ſe trouveroient en ces endroits ſeroient ſubmergez; & il peut arriver que les premieres éruptions s'étant faites du côté des terres du continent de l'Amerique, le vent qu'elles excitent du *Nord-oueſt* peut ſe refléchir contre les côtes de la Cayenne & celles qui en ſont voiſines, & s'y faiſant en même temps de nouvelles éruptions, les premieres ayant ceſſé, le vent doit augmenter & venir du côté de l'*Oueſt*, comme l'aſſurent ceux qui en ont ſenti les effets; & ces éruptions de feux & d'exhalaiſons ſalpetreuſes & ſulphurées, doivent faire mourir quantité de poiſſons aux endroits où elles s'élevent; ceux qui auront veu pluſieurs de ces ouragans, & qui en auront remarqué beaucoup d'autres circonſtances, pourront les expliquer avec plus de certitude.

SECONDE PARTIE.

DE L'EQUILIBRE DES CORPS FLUIDES.

PREMIER DISCOURS.

DE L'EQUILIBRE DES CORPS Fluides par la peſanteur,

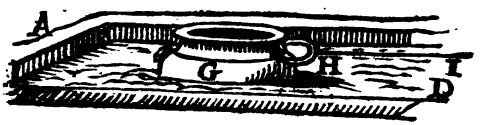
Pour bien expliquer l'équilibre des Corps fluides entre-eux ou avec les autres Corps, on peut ſe ſervir des Regles ſuivantes.

I. REGLE.

UN Corps ne reſiſte à être élevé de bas en haut, que ſelon qu'on l'éloigne du centre de la terre, & on peut mouvoir un corps tres-peſant avec une tres-petite force, ſi on ne luy fait point changer de diſtance à l'égard de ce même centre.

L'experience s'en fait en cette ſorte. Ayez un grand baquet plein d'eau dans un lieu fermé où il ne faſſe point de vent;

faires nager ſur la ſurface de l'eau, le vaiſſeau G grand & peſant, & y attachez un tres-petit fil de ſoye HI, & le tirez en



ſorte qu'il ne ſe rompe pas, c'eſt-à-dire avec tres-peu de force; le vaiſſeau G ſuivra le filet, & quoyqu'il ſe faſſe de petites vagues dans l'eau du baquet, & qu'il faille un peu de force pour la diviſer, cela n'empêchera pas que le vaiſſeau n'aille aſſez vîte quand il ſera proche du point D, ſi on accelere peu à peu ſon mouvement; il eſt vray que ſi on vouloit donner d'abord une viteſſe conſiderable au vaiſſeau G; on romproit le filet, & même une corde aſſez forte, preſque de même que ſi elle étoit attachée à un corps inébranlable, parce qu'un corps fort peſant ne peut recevoir un grand mouvement tout à coup, que par une tres-grande force.

On confirmera encore cette verité, ſi on ſuſpend un tres-grand poids à une longue corde en un lieu ouvert; car le moindre vent luy donnera du mouvement, quoyqu'il ne puiſſe ſe mouvoir ſans s'éloigner un peu plus du centre de la terre que

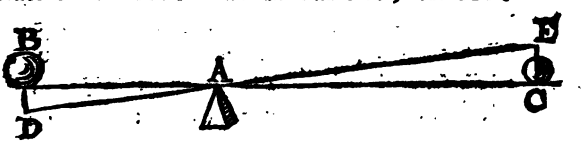
quand il eſt en repos; delà on voit la raiſon pourquoy il eſt facile de ſoûtenir une boule comme D tres-peſante ſur un plan fort incliné, comme A B, car étant traînée ou pouſſée depuis A juſques à B, elle

ne s'éleve à l'égard du centre de la terre, que de la ligne B C qu'on ſuppoſe perpendiculaire à la ligne horizontale A C, au lieu que ſi on l'avoit élevée perpendiculairement en même temps juſques à une hauteur égale à A B, elle auroit agy par toute ſa peſanteur, & il auroit fallu une force beaucoup plus grande pour l'élever.

II. REGLE.

SI deux Corps ſans reſſort de même matiere ſe choquant horizontalement & directement ont leurs quantitez de mouvement égales; c'eſt-à-dire ſi leurs viteſſes ſont reciproques à leurs groſſeurs, au moment du choc ils feront équilibre, (on ſuppoſe que les corps d'une même matiere ont leurs poids proportionnez aux quantitez de leurs matieres) ſuivant cet-

te Regle, ſi un poids de deux livres allant avec une viteſſe de quatre degrez en rencontre directement & horizontalement un autre de quatre livres qui ait deux degrez de viteſſe, ils s'arrêteront l'un l'autre, & feront équilibre : mais ſi le premier de deux livres va ſix fois plus vîte qu'un autre de dix livres il l'emportera ; car le produit de 2 par 6 qui eſt douze, eſt plus grand que le produit de 10 par l'unité ; On ſuppoſe que ces poids s'attachent enſemble en ſe rencontrant. De-là on prouve facilement le principe de mechanique, qui a été mal prouvé par Archimede, par Galilée, & par pluſieurs Auteurs ; ſçavoir que lorſqu'en une balance les poids ſont reciproques à leurs diſtances du centre de la balance, ils font



équilibre ; car ſoit la balance B A C, A le centre du mouvement, A C quadruple de A B ; le poids B quadruple du poids C ; je dis que l'un des poids n'emportera pas l'autre ; car que le poids B s'il eſt poſſible emporte l'autre ; or il ne peut ſe mouvoir avec quelque viteſſe que ce ſoit par l'arc B D en deſcendant, qu'il ne faſſe aller le poids C 4 fois plus vîte par l'arc C E, puis

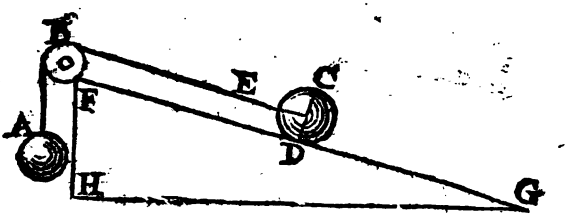
que le demy diametre A C eſt quadruple du demy diametre A B, & alors les quantitez de mouvement de ces deux corps ſeroient égales, & une quantité de mouvement en auroit forcé une qui luy ſeroit égale, ce qui eſt impoſſible, puiſqu'elles doivent faire équilibre par cette ſeconde regle. Par la même raiſon le poids C ne pourra deſcendre; mais ſi on l'éloigne un peu plus du point A, il deſcendra, car alors il pourra donner à l'autre poids, une moindre quantité de mouvement que celle qu'il prendra, & par conſequent il le forcera, & c'eſt une choſe aſſez étrange que le poids B étant de trente livres & le bras A B d'un pied, on ne pourra ſoûtenir ce poids en mettant la main deſſous, & qu'on ſoûtiendra facilement le poids d'une livre à 31 pieds du point A, ſi le poids B eſt ôté, car il n'aura que le poids d'une livre quand même on le mettroit à 100 pieds de diſtance du point A : & cependant ſi l'on met en même temps le petit poids à 31 pieds de diſtance du point A, & le gros à un pied, le petit emportera le grand, ce qui ne peut arriver que parce qu'il eſt diſpoſé à donner en deſcendant une moindre quantité de mouvement au poids B que celle qu'il prend, & qu'ils agiſſent tous deux de toute la force de leurs poids par la premiere regle, parce qu'ils

ent une même direction vers le centre de la terre.

III. REGLE.

LOrſque deux poids n'ont pas la même direction vers le centre de la terre, & qu'ils ſont diſpoſez en ſorte que l'un ne puiſſe ſe mouvoir, qu'il ne faſſe mouvoir l'autre auſſi vîte, il ne faut pas eſtimer la force de chacun par ſa ſimple quantité de mouvement, mais par une quantité de mouvement reſpective qui ſe trouve en multipliant chaque poids par ſa viteſſe à l'égard de ſon approche ou de ſon recul du centre de la terre.

EXPLICATION.

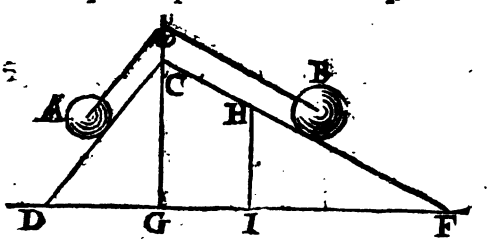


A eſt un poids ſuſpendu à la poulie B par E B A, qui ſoûtient auſſi la boule C D par le moyen de deux cordelettes attachées à l'Eſſieu de la boule, & au point E de la corde A B E. H G eſt une

ligne Horizontale, H F eſt perpendiculaire : E B eſt parallele au plan incliné G F repreſenté par la ligne G F. Il eſt manifeſte que la boule eſt diſpoſée à aller auſſi vîte que le poids A, ſoit que le poids A deſcende ou que la boule en deſcendant ſe faſſe monter, mais lorſqu'elle aura parcouru l'eſpace F G en deſcendant obliquement, elle ne ſe fera approchée du centre de la terre que de la diſtance F H ; on conſidere tous les points de la ligne H G de deux ou trois pieds de longueur, comme ſi ils étoient également diſtans du centre de la terre à cauſe que la difference en eſt inſenſible. Afin donc de ſçavoir les forces de ces poids ou leurs quantitez reſpectives de mouvement, il faut multiplier le poids de la boule C D par la longueur F H & celuy de la boule A par une longueur égale à F G, puiſque cette derniere boule fait autant de chemin en montant ou en deſcendant que la boule C D, & qu'elle va directement vers le centre de la terre ; Or ſi F G eſt triple de F H, & que le poids de C D ſoit triple du poids A ; on verra qu'il ſe fera équilibre, entre des poids, ce qui procede des cauſes expliquées dans les deux premieres Regles, que ſi l'on ajoute quelque petit poids ou au poids, A, ou au poids B, il deſcendra & fera monter l'autre faiſant abſtraction du frottement de la poulie & de

l'essieu. On expliquera de même les équilibres qui doivent arriver quand le plan F G, sera plus ou moins incliné en y appliquant les mêmes regles, lesquelles on pourra appeller principes d'experience ou loix de la nature.

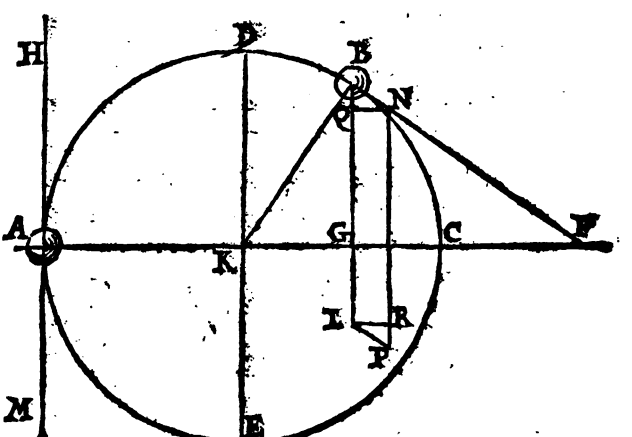
Que si les poids comme A & B en la figure suivante sont sur des plans differemment inclinez comme C D, C F; D F étant supposée horizontale & C G perpendiculaire à D F, il faudra pour faire l'Equilibre que le poids B soit au poids A



comme la ligne C F à la ligne C D, & on le prouvera par les mêmes regles; car si F H est prise égale à C D & qu'on tire H I parallele à C G, il est manifeste que pendant que le poids B iroit de F en H, le poids A iroit de C en D, donc C G seroit la mesure de la viteſſe du poids A à l'égard du centre de la terre, & H I celle du poids B allant de F en H en même temps; mais comme F C à F H, ainsi C G à H I, & par la troisiéme regle le poids B doit

être au poids A, comme C G à H I, c'eſt-à-dire comme F C à C D pour faire l'équilibre. Et par conſequent ces poids ainſi diſpoſez s'arrêteront l'un l'autre.

La même choſe arrivera à des poids attachez aux extremitez des rayons d'une roue, c'eſt-à-dire qu'afin que le poids A ſitué à l'extremité du rayon K A faſſe équilibre avec le poids B, la ligne A K étant horizontale & la ligne B K élevée de ſoixante degrez ſur A K F : Il faut que le poids B ſoit double du poids A ; car la ligne B F étant tirée perpendiculaire au rayon K B juſques à ce qu'elle rencontre la ligne A K G F, le plan B F ſera élevé de 30 degrez,



& la perpendiculaire B G ne ſera plus que

la moitié de BF, donc le mouvement du poids B vers F se faisant au commencement selon la tangente B F, ne s'avancera vers le centre de la terre que de l'espace BG, moitié de BF, au lieu que le poids A aura sa direction selon la tangente MAH, perpendiculaire à AKF laquelle s'éloigne directement de ce centre, & par conséquent il sera disposé à aller deux fois plus vîte à l'égard de ce même centre que le poids B : mais comme FB, à BG, ainsi le rayon KB ou AK, à KG ; donc le poids B fera le même effet à l'égard du poids A, que s'il étoit en G, c'est-à-dire que si AK est la mesure de la viteſſe du poids A, KG sera la mesure de la viteſſe du poids B, mais AK est double de KG, comme FB est de BG ; donc le poids A sera reciproquement au poids B comme KG, à KA & par la 2 & 3 Regle, ces poids ainsi disposez feront équilibre, & l'un ne forcera pas l'autre.

La même choſe arrivera à des puiſſances, qui étant attachées aux extremitez des rayons égaux d'une rouë tireront obliquement ou directement : car soit au point L dans la ligne BG continuée directement en L une puiſſance tirant par la corde LB attachée en B selon la direction BL, & une autre puiſſance en M, tirant selon la tangente AM par la corde AM attachée

au point A. Si ces puiſſances ſont égales, elles ne feront point équilibre ; mais la puiſſance en M forcera l'autre, & pour faire équilibre, il faudra que la puiſſance en L ſoit à la puiſſance en M comme la ligne A K à la ligne K G, ce qui procede de ce que la puiſſance en L ne fait point venir à ſoy directement le point B : mais il va ſelon la tangente B F au commencement du mouvement, & qu'en même temps la puiſſance en M va directement ſelon la tangente H A M. Or ſi l'on ſuppoſe B N indefiniment petite dans la tangente B F & que N Q ſoit perpendiculaire à B L, il eſt évident que le point B étant en N, le point L ſera venu en P, ſi N P eſt parallele & égale à B L ; & L R & Q N étant paralleles à A F, R P ſera égale à B Q, & L P à B N ; Or la puiſſance attachée au point M ſe ſera avancée ſelon la direction d'effort A M d'une ligne égale à B N ou L P, & la puiſſance en L ne ſe ſera avancée en même temps ſelon ſa direction d'effort B L ou N P, que de la ligne R P qui n'eſt que la moitié de B N ou L P, comme B G n'eſt que la moitié de B F ; Donc il faudra pour faire équilibre entre les deux puiſſances que celle qui eſt au point L ſoit double de celle qui eſt au point A, celle-cy tirant ſelon la tangente H A M, & l'autre ſelon la direction B L

qui fait un angle de 30 degrez avec le rayon K B, de même qu'il faut que le poids B ſoit double du poids en A, afin qu'ils faſſent équilibre.

De ces trois principes d'experience on tire une Regle generale pour toutes les forces mouvantes. Cette Regle ou principe univerſel eſt telle.

PRINCIPE UNIVERSEL DE LA Mechanique.

LOrſque deux poids ou deux autres puiſſances ſont diſpoſées enſorte que l'une ne puiſſe ſe mouvoir qu'elle ne faſſe mouvoir l'autre, ſi l'eſpace que doit parcourir un des poids ſelon ſa direction propre & naturelle eſt à l'eſpace que doit parcourir l'autre en même temps ſelon ſa direction propre & naturelle, reciproquement comme ce dernier poids eſt au premier; il ſe fera équilibre entre les deux poids; mais ſi l'un des poids eſt en plus grande raiſon à l'autre il le forcera.

On peut prouver par ce principe un effet ſurprennant qu'on ne peut pas prouver facilement par d'autres hypotheſes; ſçavoir que s'il y a pluſieurs bras égaux attachez à un même eſſieu A comme A B, A C, & qu'on mette un poids E ſur le bras A B & un autre *b* ſur le bras A C au point F, en

point *c*, il s'enſuit que les poids étant ſelon cette raiſon le poids *b* deſcendra, & fera élever le poids E, ce que j'ay trouvé conforme à l'experience : car ayant diſpoſé le bras A C enſorte qu'il faiſoit un angle de 60 degrez avec le bras horizontal A H K, j'obſervay que le poids *b* étant double du poids E il faiſoit équilibre avec luy quand je l'avois arrêté pour l'empêcher de rouler, mais l'ayant laiſſé libre aprés avoir mis une glace de miroir repreſentée par C G pour l'empêcher de rouler à côté, il fallut mettre le poids double en E & le ſimple en *b* pour faire l'équilibre, & même ajouter un petit poids en E. On prouvera par les mêmes raiſons que ſi l'angle K A C étoit de 45 degrez, il faudroit pour faire l'équilibre que le poids E fût le plus grand en la raiſon de la diagonale d'un quarré à ſon côté. On ne conſidere point icy que le centre de la boule F eſt un peu à côté du point d'appuy.

Ces choſes étant ſuppoſées, on peut expliquer aſſez bien les équilibres des corps fluides.

Le plus leger, c'eſt-à-dire le moins peſant des corps fluides eſt la flame, mais parce qu'elle s'éleve dans l'air, & qu'elle ne ſe tient pas étenduë ſur quelques autres corps, elle ne peut faire d'équilibre par

son poids, mais seulement par son choq & par son ressort.

L'air qui s'étend au dessus de la terre & de l'eau peut faire équilibre par son poids, par son choq & par son ressort avec les autres corps fluides plus grossiers, & même avec les corps fermes & durs. On prouve la pesanteur de l'air par les effets du Barometre, c'est un tuyau étroit de verre de deux pieds & demy ou de 3 pieds de longueur scellé hermetiquement par un bout, on l'emplit de Mercure sans y laisser aucun air, & l'on ferme l'autre bout avec le doigt, & aprés avoir tourné en haut le bout scellé, on trempe le doigt dans d'autre Mercure mis dans un vaisseau; on ôte le doigt qui soûtenoit le Mercure du tuyau, & alors il en tombe une partie dans le vaisseau, & aprés quelques balancemens il s'arrête enfin dans le tuyau à la hauteur de 27 ou 28 pouces; car selon les changemens des vents & de l'air, il monte quelquesfois à 28 pouces & demy & d'autres fois seulement à 26 & demy, & ordinairement il s'arrête à Paris à 27 pouces & demy environ.

Or cette élevation de Mercure ne peut être bien expliquée, qu'en supposant que la colomne d'air de même largeur que le diametre interieur du tuyau pese autant que les 27 ou 28 pouces de Mercure éle-

vez dans le tuyau, en prennant cette colomne depuis la ſurface du Mercure qui eſt dans le vaiſſeau juſques à l'extremité de la plus haute region de l'air ; Car ſi l'on porte le Barometre au haut d'une montagne ou d'une tour fort élevée, on voit diminuer peu à peu la hauteur du Mercure, & ſe reduire à 24 ou 25 pouces, comme étant alors chargé d'une moindre quantité d'air ; & ſi l'on deſcend dans des caves ou dans des mines fort profondes, il ſe hauſſe peu à peu à meſure qu'on deſcend comme étant ſucceſſivement chargé d'une plus grande quantité d'air.

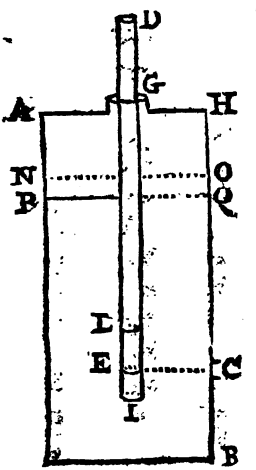
On peut encore connoître le poids de l'air & l'équilibre qu'il fait avec l'eau par les mêmes Reglés en ſuppoſant qu'un pouce de Mercure peſe autant à peu prés que 13 pouces d'eau, comme j'ay l'ay connu par des experiences que j'en ay faites : car 28 pouces de Mercure peſeront autant à peu prés que 383 pouces d'eau, qui ſont un peu moins que 32 pieds ; d'où il s'enſuit que lorſque le poids de l'air fera monter le Mercure à 28 pouces quelques lignes, il fera monter l'eau dans un tuyau de 35 ou 40 pieds juſques à 32 pieds, & que lorſqu'il ne s'éleve qu'à 27 pouces $\frac{1}{2}$; l'eau ne doit s'élever qu'à 31 pieds à peu prés, ce qui s'eſt trouvé aſſez conforme à quelques

experiences que j'en ay faites à l'Observatoire en la maniere suivante ; je fis faire à Monsieur Hubin Emailleur un tuyau de verre de 40 pieds de hauteur qu'il ajusta dans du bois creusé afin qu'il ne se rompît pas en le maniant, il étoit de 5 ou 6 pieces qu'il souda dans la grande Sale de l'Observatoire, & on éleva l'un des bouts jusques au haut de la plate-forme par l'ouverture qui y est, qui répond perpendiculairement au noyau creux du degré de la cave ; on le descendit ensuite peu à peu jusques dans ce noyau & on l'arrêta en le liant en plusieurs endroits à la rempe de fer, ensuite ayant été rempli d'eau aprés avoir fermé le bout d'embas, on appliqua au haut un bouchon de verre qui fermoit exactement le tuyau & on y mit encore une vessie pour le mieux sceller ; on emplit aussi d'eau un petit vaisseau qui étoit au dessous de l'autre bout jusques à ce qu'il trempât dans l'eau, & aprés qu'il fut débouché, l'eau tombant descendit jusques à 12 pieds environ ; mais il en sortit tant de bulles d'air qu'on ne put remarquer où elle étoit remontée ; enfin elle demeura à la hauteur de 29 pieds à cause du ressort de l'air des bulles qui étoient sorties de l'eau & montées au haut du tuyau. Deux jours aprés on y remit de l'eau qui avoit été boüillie un peu auparavant pour

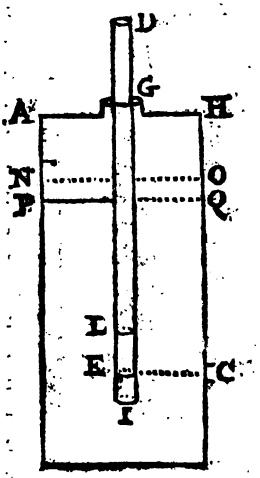
en faire sortir la matiere aërienne ; on fit l'experience de même, & l'eau aprés quelques balancemens s'arrêta à 29 pieds 4 pouces environ, on la vit monter peu à peu plus haut & s'arêter à 30 pieds 2 pouces, sans que les autres barometres eussent changé. J'en attribuay la cause à ce que l'eau qu'on y avoit remise étoit mêlée d'un peu de bouë, & par consequent pesoit plus que l'eau nette ; mais cette bouë descendit en peu de temps au fond du petit vaisseau, & par ce moyen l'eau devenant peu à peu plus legere elle montoit peu à peu plus haut. Deux jours aprés j'observay que les barometres communs étant à 27 pouces 9 lignes, l'eau de ce grand tuyau étoit montée à 30 pieds 8 pouces, elle seroit montée un peu plus haut, s'il ne s'y fût pas élevé quelques bulles d'air qui la firent baisser : le Barometre commun étant à 28 pouces, elle monta encore plus haut ; & descendit ensuite quand le Barometre commun revint au dessous de 28 pouces, d'où je connus que les Barometres d'eau ont des changemens proportionnez à ceux de Mercure & qu'on peut prendre 32 pieds d'eau pour la plus grande hauteur à peu prés de ces Barometres, lorsque l'eau dont ils sont remplis est de celles qui sont les moins pesantes & que la matiere aërienne en est sortie.

Pour la facilté du calcul on ſuppoſe icy que le poids de l'atmoſphere fait preciſément équilibre avec 32 pieds d'eau douce, & que le Mercure peſe 14 fois davantage preciſément.

On prouve encore le poids de l'air par une experience aſſez curieuſe : On prend une bouteille de verre A B à laquelle on fait une ouverture de deux ou 3 lignes comme en C ; on met dans le col G un tuyau de verre D E d'environ deux lignes de diametre & on l'y ſoude avec un mélange de cire & de terebentine ou avec de la poix, en ſorte que l'air ne puiſſe paſſer entre-deux ; enſuite on remplit la bouteille d'eau par l'ouverture C en la couchant & même le tuyau E D en tenant fermé le bout D, & lors qu'on poſe la bouteille en ſa ſituation perpendiculaire, l'eau qui eſt dans le tuyau deſcend juſques en E, & il en ſort autant par l'ouverture C, ſi l'extremité E du tuyau eſt à la même



hauteur que le milieu de l'ouverture C ; que ſi le tuyau s'étend au deſſous de l'ouverture comme juſques en I l'eau ceſſera de couler, le tuyau étant vuide juſques à E, & la bouteille demeurera pleine d'eau juſques à la ſoudure vers G ; que ſi le bout du tuyau eſt un peu plus haut que le deſſus de l'ouverture C comme en L, & qu'il ait deux ou trois lignes de largeur, alors on verra ſortir de l'air par ce bout ouvert & remonter au haut de la bouteille & l'eau ſortir en même temps par l'ouverture C juſques à ce qu'il n'y en ait plus au deſſus du point C, ces effets s'expliquent en la maniere ſuivante.



Le poids de l'air exterieur fait effort vers l'ouverture C, pour repouſſer l'eau qui fait effort par ſon poids pour ſortir, & l'air qui eſt au deſſus du tuyau E D fait auſſi un effort & agit par ſon poids ſur l'eau qui y eſt contenuë ; & ſe joignant au poids de cette eau, il doit forcer le poids de l'air qui agit

vers C, ce qui fait que l'eau du tuyau descend jusques en E, & alors l'air fait effort d'un côté en E, & de l'autre en C & soûtiennent conjointement l'eau de la bouteille depuis E & C jusques à A H, & elle la soûtiendroit quand même la hauteur C H seroit de trente pieds le bout du tuyau étant au dessous du bas de l'ouverture C ; mais lorsque le tuyau ne descend que jusques en L, alors l'eau depuis L jusques en E jointe au poids de l'air qui pese sur L, force l'air en C & l'eau coule par C pendant que l'air descend de D en L & entre goutte à goutte dans l'eau par le bout ouvert L, & s'éleve au dessus de la surface de l'eau qui est au dessous du col de la bouteille ; si l'on panche la bouteille en sorte que le point L & le milieu de l'ouverture C soient en une même ligne horizontale, on verra la moitié d'une goutte d'air qui passera au dessous du point L, mais qui ne se separera pas du reste, si l'on ne rehausse un peu le bout L.

Lorsqu'on a laissé entrer de l'air dans la bouteille en sorte que la surface de l'eau soit en N O & qu'on échauffe cet air avec la main pour le faire dilater, on fait sortir quelques gouttes d'eau par C quoy que le bout du tuyau soit au dessous de cette ouverture, & l'eau descendra com-

me juſques en *pq*, mais ſi on laiſſe refroidir cet air, on verra pendant quelques temps entrer des gouttes d'air par C à cauſe que l'air qui étoit deſcendu juſques en P Q ſe remet dans ſa premiere étenduë depuis N O juſques à A H, & n'y ayant point d'eau pour remplir l'eſpace N O P Q, il faut que l'air y vienne du dehors par l'ouverture C.

L'eau n'a point de reſſort ſenſible, & elle ne fait équilibre avec les autres matieres, que par ſon ſeul poids ou par ſon choq; le premier équilibre qu'on y peut remarquer à l'égard de l'air, eſt qu'étant reduite à de tres-petites gouttes, elle devient plus legere que l'air, & s'éleve en vapeur, comme il a été dit cy-devant. On ne peut dire quelle petiteſſe doit avoir une petite parcelle d'eau pour faire équilibre avec l'air proche de la terre, parce que celles qui ſont un peu plus legeres que cet air ou un peu plus peſantes ſont inviſibles ſeparément. On peu encore difficilement trouver la cauſe de ce qu'elles s'élevent, car ce n'eſt pas le mélange de l'air puiſqu'elles peſeroient encore plus que l'air pur; ce n'eſt pas la chaleur, parce qu'on voit des eaux tres-froides jetter des vapeurs. On pourroit penſer qu'il y a de tres-petits pores dans l'air, où il n'y a aucune matiere peſante, dans leſquels les tres-petites parcelles d'eau ſe peuvent inſinuer & y monter, & celles

celles qui ſont un peu plus groſſes n'y pourroient paſſer. Ces petites parcelles ſont enfin équilibre avec l'air, à une diſtance d'une lieuë ou de deux de la terre, & elles y demeurent long-temps ſuſpenduës juſqu'à ce que pluſieurs s'étant jointes enſemble, deviennent plus peſantes; & ſi l'air devenoit très rarefié elles pourroient tomber.

On en voit l'experience dans les machines pneumatiques; car lorſqu'on a pompé une partie de l'air, on voit troubler le recipient par la chute des vapeurs qui ne pouvant plus être ſoûtenuës dans l'air, à cauſe de la trop grande rarefaction, tombent en petites goutelettes ſur le verre qui les environne. Dans les endroits où il ſe fait de grandes chutes d'eau, on y voit s'élever perpetuellement des vapeurs qui ne ſont autre choſe que les parcelles de l'eau briſées par le chocq; & quand une bouteille de ſavon vient à ſe rompre, une partie de l'eau dont elle eſt compoſée, tombe, & le reſte qui ſe reduit en des goutelettes trop petites, s'éleve comme des vapeurs.

I. REGLE.

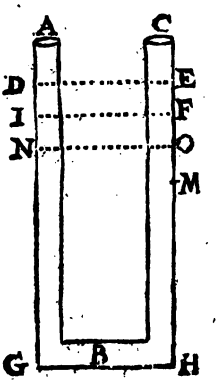
Pour l'équilibre de l'eau par ſon poids.

L'Eau étant dans un vaiſſeau ou dans pluſieurs qui ſe communiquent, a tou-

jours ſes parties ſuperieures en même niveau; c'eſt-à-dire, en égale diſtance du centre de la terre.

EXPLICATION.

Soit le tuyau recourbé A B C d'égale groſſeur, dans lequel on verſe de l'eau par le bout A, elle montera auſſi haut dans l'autre branche du tuyau; c'eſt à-dire que ſi D E eſt une ligne horizontale, & que l'eau dans la branche A G, monte juſques en D, elle ſera dans l'autre juſques en E, quand on aura ceſſé de verſer, & que l'eau demeurera en repos.



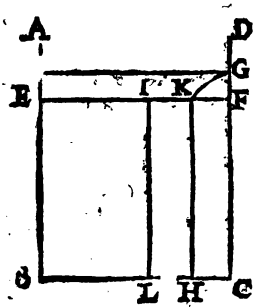
Car premierement ſi les branches ſont d'égale largeur & également inclinées à l'horizon, tout étant égal de part & d'autre, l'eau ne pourra pas demeurer dans les hauteurs inégales A & F, parce que le poids de l'eau A G ſera plus grand que celuy de l'eau H F; & par conſequent, en deſcendant il pourra prendre une plus grande quantité de mouvement qu'il n'en donnera à l'autre en montant, puiſque leurs viteſſes ſeront

égales & leurs directions semblables. Donc par le principe universel, l'eau ne pourra s'arrêter si elle n'est à une même hauteur dans ces deux branches. Que si l'on ferme avec le doigt le bout C avant que de verser de l'eau par le bout A, & qu'on empliſſe d'eau la branche A G juſques à A, l'autre demeurera vuide, & il n'y montera point d'eau ou tres-peu à cauſe de l'air qui l'occupe, ſi la branche A G n'eſt que de deux ou trois pieds de hauteur; alors ſi on leve le doigt l'eau de la branche A G deſcendra, & une partie paſſera dans l'autre branche, & s'élevera comme juſques en E pendant que de l'autre part elle deſcendra comme juſqu'en N & derechef elle montera comme juſqu'en D: & deſcendra juſques en M; & enfin aprés pluſieurs balancemens elle s'arrêtera de part & d'autre à une même hauteur comme I F.

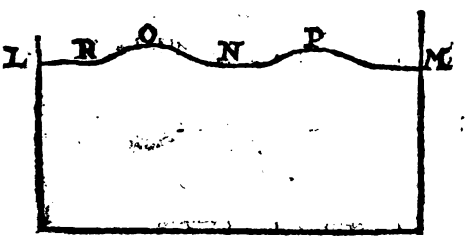
Lorſqu'en cette experience l'eau commence à deſcendre de la branche A pour paſſer dans l'autre, elle accelere ſon mouvement, juſques à ce qu'elle ſoit en égale hauteur dans les deux branches, comme en I & F où doit être l'équilibre, & diminuë enſuite de viteſſe peu à peu, juſques à ce qu'elle ſoit aux points N & E; elle redeſcendra de même en accelerant depuis la hauteur E juſqu'à ce qu'elle ait paſſé le même niveau I F, & diminuëra ſon mouve-

ment juſqu'à ce que l'une des hauteurs ſoit en D, & l'autre en M; & ces balancemens continuëront juſqu'à ce que l'eau ſoit arrêtée en I & F, de la même maniere que le plomb d'une pendule accelere ſon mouvement juſques au point de repos, qu'il le diminuë en remontant, & qu'il s'arrête enfin aprés pluſieurs balancemens.

La même choſe arrivera dans un vaiſſeau A B C D, où il y aura de l'eau juſqu'en E F; car ſi l'on y verſe de l'eau vers F, enſorte qu'elle s'éleve comme juſques en G, elle ne demeurera point en cet état, lors qu'on ceſſera de verſer de l'eau nouvelle : car le poids de l'eau G K H C, étant plus grand que celuy de l'eau KILH, LH & HC étant ſuppoſées égales, il forcera cette derniere par les mêmes raiſons, & fera élever l'eau vers I K, & en même temps la ſurface ſuperieure G K étant en pente, l'eau coulera de G vers I; & par les mêmes raiſons l'eau EBLI s'élevera auſſi: & enfin aprés pluſieurs mouvemens la ſurface ſuperieure de l'eau ſe mettra de niveau. De là on pourra expliquer ce qui



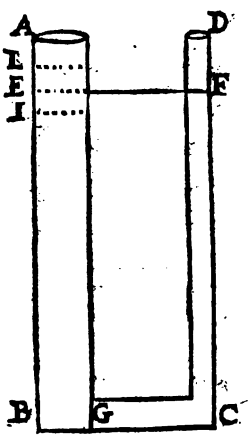
arrive dans une eau dormante L M, lorſqu'on y jette une pierre comme en N, car la pierre faiſant élever autour de ſoy l'eau en une vague circulaire, dont O & P repreſentent l'élevation, elle ne pourra demeurer en cette poſition ; mais la partie O couera vers L, & en coulant elle pouſſera &



élevera l'eau voiſine R, qui pouſſera & élevera la ſuivante, de maniere qu'il ſemblera que la même eau élevée en O, s'avance juſques en L.

La même choſe arrivera à la partie élevée P, & par ce moyen il ſe fera une vague circulaire qui s'éloignera du point N en s'élargiſſant toujours juſques aux rivages L & M, s'ils ne ſont pas trop éloignez ; & en s'y réfléchiſſant, il ſe fera une vague circulaire nouvelle, qui s'avancera de part & d'autre vers N, & s'agrandira toujours en circonference en diminuant de hauteur, juſques à ce que toute l'eau ſuperieure ſe ſoit miſe de niveau.

Soient maintenant les deux branches inégales en largeur comme en la figure ABCD, l'eau se mettra encore à même hauteur, comme E F dans les deux branches, & l'eau E B ne forcera point l'eau C F; car soit la baze B G qu'on suppose quarrée, seize fois plus grande que la baze C, & s'il est possible, que l'eau descende de E jusqu'en I, & qu'elle monte de l'autre part jusqu'en D, celle qui sera descenduë de E en I, sera égale à celle qui est en F D, & les deux petits cylindres F D, E I, auront leurs hauteurs reciproques à leurs bazes: Donc comme 16 a 1, ainsi la hauteur FD a EI: Or le cylindre E B étant 16 fois plus grand que le cylindre CF, il pesera 16 fois davantage: mais l'espace passé en même temps par le petit cylindre, sera aussi 16 fois plus grand que l'espace passé par le grand cylindre, & leurs directions sont les mêmes étant perpendiculaires: donc leurs vitesses auroient été reciproques à leurs poids, & ils auroient eu



une égale quantité de mouvement, ce qui ſte impoſſible ; car par le principe univerſel ces cylindres d'eau doivent faire équilibre, & l'un ne peut pas faire mouvoir l'autre, puiſqu'ils ſont diſpoſez à prendre une égale quantité de mouvement ſelon la même direction.

Que ſi l'on verſe de l'eau dans ce tuyau étroit juſques en D, elle ne pourra s'y arrêter que lorſque l'autre branche ſera pleine juſques à A : car ſoit la hauteur F D d'un pouce & ſa baze un pouce, & F C 10 pouces, donc toute l'eau C D ſera d'onze pouces cubes, & l'eau BE 160 pouces cubes. Si donc toute l'eau CD deſcend d'un pouce, l'eau E B montera de $\frac{1}{16}$ de pouce, ſçavoir de la hauteur E L, & l'eſpace E L ſera à la meſure de la viteſſe de l'eau B E, comme D F eſt celle de l'eau C D : Or 160 multipliez par $\frac{1}{16}$ donne 10 de quantité de mouvement, & 11 multiplié par 1 donne 11 ; donc la quantité de mouvement de l'eau D C ſera plus grande que celle de l'eau B E, ou ce qui eſt la même choſe, la viteſſe de l'eau de la petite branche aura plus grande raiſon à la viteſſe de l'eau de la grande branche, que le poids de cette derniere au poids de l'autre ; & par le principe univerſel l'eau du petit tuyau deſcendra. On tirera les mêmes conſequences pour les autres hauteurs inégales juſqu'à ce

que les deux ſurfaces des eaux de ces branches ſoient de niveau, & elle ne s'arrêteront point qu'elles ne ſoient à même hauteur.

On peut encore conſiderer l'eau en A G, comme ſi elle étoit diviſée ſelon ſa longueur en ſeize petites colomnes quarrées chacune égale à la petite colomne quarrée C D : & parce qu'aucune de ces petites colomnes ne peut monter plus haut ny deſcendre plus bas que les autres, on doit juger de même de la petite colomne C D, quoy qu'elle ne leur ſoit pas contiguë.

De là il s'enſuit que ſi on met un corps flotant ſur l'eau de la branche A B, & que le poids de ce corps ſoit égal à celuy de l'eau qui occuperoit la hauteur A E aprés qu'on l'auroit ôté, l'eau de la petite branche demeurera toujours à la hauteur C D, & il ſe fera équilibre entre l'eau C D & l'eau B E jointe au poids du corps flotant par les mêmes raiſons cy-deſſus.

Lorſque la petite branche eſt tres-menuë comme d'une demy-ligne, ou d'un tiers de ligne, l'eau y monte plus haut qu'en l'autre branche d'un pouce ou de deux, ce qui arrive auſſi quand on trempe dans l'eau un tuyau de verre, dont le diametre eſt moindre qu'un quart de ligne, car elle s'y éleve à la même hauteur d'un pouce ou de deux pardeſſus le reſte

de la ſurface de l'eau, & toute cette eau qui s'éleve au deſſus du niveau dans les tuyaux tres-menus ou dans ceux qui le ſont mediocrement, comme d'une ligne ou d'une demy-ligne eſt égale ſenſiblement à une groſſe goutte d'eau qui étant attachée à quelques corps, demeure ſuſpenduë ſans tomber.

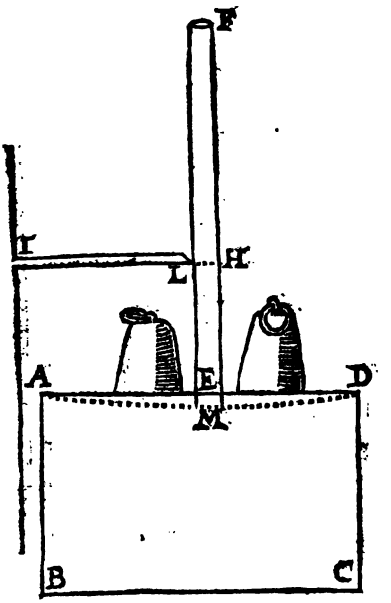
On voit le même effet dans l'experience de la bouteille cy deſſus, car ſi le tuyau eſt tres-étroit comme d'une demy-ligne, l'eau n'y deſcendra que juſques vers L environ un pouce au deſſus de E, & alors cette cauſe particuliere d'adheſion reſiſte à l'effort de l'air qui eſt ſur l'eau dans le tuyau; & plus le tuyau eſt étroit, plus le point L ſera élevé.

Quelques-uns attribuënt la cauſe de cet effet au poids de l'air qui agit pleinement ſur l'eau du tuyau large, & ne peut bien agir ſur celle du tuyau étroit; mais on doit rejetter cette cauſe. Car ſi l'on plonge un ſemblable tuyau dans du Mercure, il n'y monte pas ſi haut que le niveau du reſte du Mercure, & toutesfois le poids de l'air y doit agir de même qu'à l'égard de l'eau: & même ſi l'on trempe dans l'eau un de ces tuyaux étroits qui n'ait qu'un demy-pouce de hauteur, l'eau y monte juſques au haut, quoy qu'alors l'air n'ait point de peine à s'y inſinuer: joint à cela

que ſi ce tuyau eſt gros ou qu'il ait été laiſſé long-temps ſans être moüillé, il contracte un certain enduit où l'eau ne s'attache point ; & alors l'eau ne s'y éleve pas au deſſus du niveau quoyque la cauſe du défaut du poids de l'air demeure la même ſans changemens. Il faut donc expliquer cet effet par les mêmes cauſes qui font élever l'eau qui eſt dans un vaiſſeau de bois vers les bords juſques à plus d'une ligne & demie de hauteur avec une petite concavité, & qui fait joindre deux gouttes d'eau l'une à l'autre quand elles ſe touchent, deſquelles cauſes on a parlé dans le premier diſcours aſſez au long.

On voit un effet ſurprennant de l'équilibre dans l'experience ſuivante Ayez un tonneau de bois large de deux ou trois pieds ABCD, plein d'eau enfoncé par ſes deux bouts : Faites une ouverture au fond d'enhaut comme en E, pour y mettre un tuyau d'un pouce de largeur, ſi bien joint avec de la poix & de la fillace ou avec quelqu'autre matiere, que l'air n'y puiſſe entrer, & que ce tuyau étroit, ſçavoir, E F ait 12 ou 15 pieds de hauteur ; empliſſez d'eau le tonneau par quelques trous qu'on fera au fonds ſuperieur, & poſez ſur le fonds ſept ou huit cens livres de poids qui le feront courber en concavité comme AMD ; ſi l'on met une marque blanche au dehors

du tuyau, comme au point H, & à côté un peu plus haut une regle I L, plantée dans

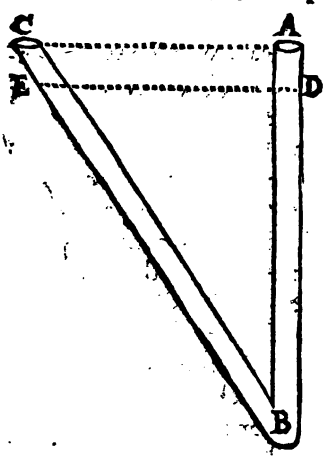


le mur voiſin, & affermie de maniere qu'elle demeure immobile; en verſant de l'eau enſuite peu à peu dans le tuyau étroit E F, vous verrez que quand il ſera plein, le fond A M D ſe ſera élevé avec les poids de 800 livres dont il eſt chargé, non ſeulement à ſon premier état A E D,

mais même quand il aura pris une courbure convexe, & que ſon élevation dans le milieu ſera autant élevée par deſſus le point E, que le point M étoit au deſſous auparavant ; ce que l'on connoîtra parce qu'on verra élever la marque blanche H, & paſſer peu à peu plus haut que la regle I L, dont on pourra meſurer la difference. Que ſi le tuyau eſt encore plus haut l'élevation des poids ſera encore plus grande : d'où l'on juge que le peu d'eau qui eſt dans le tuyau, a autant de force pour élever ce grand poids & courber le fonds du tonneau en convexité, que ſi ce tuyau étoit de même largeur que le tonneau. Cet effet le prouvera par les mêmes raiſons cy-deſſus touchant l'eau de la petite branche C D, qui fait élever l'eau de la branche B A, lorſqu'elle n'eſt que juſques à E, quand même elle peſeroit 1000 fois davantage : Car la viteſſe que prendra l'eau du petit tuyau F E en deſcendant, ſera à celle de fond A D avec ſes poids en s'élevant, comme la ſurface de ce fond eſt à la ſurface de ce tuyau ; c'eſt-à-dire que ſi le tuyau a un pouce de diametre & le fond 30 pouces, la ſurface du fond ſera 900 fois plus grande que celle du haut de l'eau du tuyau : donc ſi l'eau du tuyau deſcend d'un pouce, celle qui touche le fond ſuperieur du muid

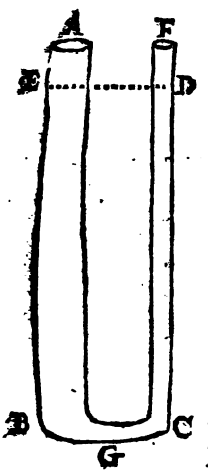
ne s'élevera que de $\frac{1}{900}$ de pouce ; & par conſequent ſi l'eau du tuyau peſe une livre, elle fera équilibre avec 900 livres, donc elle fera élever les 800 livres qui ſont ſur le fond avec le peu d'eau qui paſſera au deſſus de A E D ; mais il faut ſuppoſer que le fond s'éleve tout entier en même temps pour la juſteſſe du calcul & du raiſonnement.

Lorſque dans un ſyphon l'une des branches eſt inclinée, & l'autre perpendiculaire étant toutes deux à peu prés de même largeur, l'eau s'y mettra auſſi de niveau ; Car ſoit le ſyphon A B C poſé en ſorte que la branche A B ſoit perpendiculaire, & que C B ſoit en un plan incliné, il eſt manifeſte que le poids de l'eau qui ſera en D B, ſera au poids de celle qui ſera en E B, comme la grandeur D B eſt à la grandeur E B ; mais ſi E D eſt une ligne hori-



zontale, la force totale de l'eau E B pour descendre sera à celle qu'elle auroit si elle tomboit perpendiculairement, comme la longueur E B est à la longueur D B: Donc elle fera équilibre à l'eau D B, dont la direction est perpendiculaire suivant le principe universel; Car les espaces passez en même temps par les eaux de ces deux branches selon leurs directions naturelles vers le centre de la terre, seront en raison reciproque de leurs poids, c'est-à-dire de E B à D B, & par consequent l'eau E B ne forcera point l'eau B D; le frottement plus grand dans la longue branche peut faire quelques differences, & donner un peu plus de peine pour faire mouvoir l'eau par le plan incliné E B; mais quand l'une ou l'autre des branches seroit plus grosse, cela n'empêcheroit point l'équilibre par les mêmes raisons qui ont été dites cy-dessus.

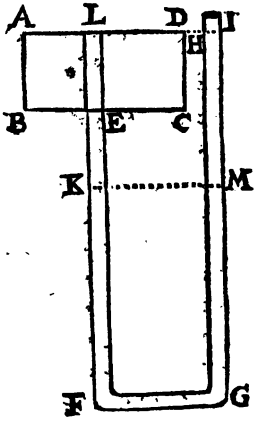
Lorsque dans les syphons qui ont une branche beaucoup plus grosse que l'autre, comme en la figure suivante, on ferme le bout de la petite branche avec le doigt, & que la grande étant ensuite remplie d'eau, on leve le doigt tout à coup, le premier mouvement de toute l'eau A B est retardé par la difficulté de l'issuë en G; mais le mouvement par F C, est beaucoup plus vite en son commencement,



que quand les deux branches ſont d'égale largeur : d'où il arrive que ſi l'on met un peu d'eau dans la branche F C, juſques à ce qu'elle rempliſſe le tuyau de jonction B C, & ſi aprés avoir fermé le bout F avec le pouce, on remplit l'autre partie A B juſques à la ligne horizontale E D, & qu'on leve enſuite le pouce tout à coup, l'eau montera plus haut que D comme juſques en F, ce qui arrive parce que l'eau de la grande branche deſcendant quoyque lentement, fait monter tres-vite l'eau dans la petite branche ; & que toute l'eau ſe mouvant pour arriver à l'équilibre, elle ſe meut encore aprés y être arrivée par la viteſſe acquiſe comme dans le ſyphon uniforme ; ce qui fait que l'eau de la grande branche deſcend encore, & fait monter l'autre comme juſques à 3 ou 4 pouces au deſſus de D d'où elle redeſcend, & aprés quelques balancemens elle s'arrête enfin à la même hauteur dans les deux branches au deſſous de E F ; & quand le tuyau A B ſeroit tout plein avant que d'ôter le pouce, l'eau ne

laiſſeroit pas de jallir deux ou trois pouces plus haut que F, ſi la branche A B eſt beaucoup plus large que la branche C D; car alors la deſcente & la montée dans cette branche large ſera fort petite & preſque inſenſible. Voicy les experiences qui en ont été faites.

On a pris un bacquet de fer blanc A B C D avec le tuyau E F de 4 pouces de largeur où étoit ſoudé le tuyau recourbé de verre F G H; on empliſſoit le bacquet & le tuyau E F aprés avoir mis le pouce en H pour empêcher l'air de ſortir du tuyau G H; & quand on ôtoit le pouce, l'eau jailliſſoit juſques en I environ trois pouces plus haut que la ſurface de l'eau D A; mais lorſque le tuyau de verre alloit juſques à 5 ou 6 pouces plus haut que A D, l'eau y montoit à environ 4 pouces plus haut que H, d'où elle redeſcendoit, & enfin ſe mettoit dans l'équilibre. On a fait la même experience dans un tuyau L E F d'égale largeur par tout, G H demeurant toujours



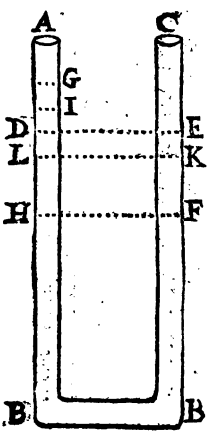
toujours plus étroit que L E F, & l'eau jailliſſoit plus haut que le point H, de même que quand le bacquet A D étoit au deſſus de E F : Or en ces cas l'eau commence à monter aſſez vite par G, & monte encore un peu plus vite quand l'eau L E a acquis du mouvement. Mais cette viteſſe par G H commence à diminuer quand l'eau des deux branches eſt arrivée à l'équilibre, c'eſt-à-dire à la hauteur où elle doit demeurer dans les deux branches, comme à celle de la ligne horizontale K M. Que ſi l'on met des liqueurs differentes dans les deux tuyaux, les plus legeres demeureront élevées dans les tuyaux plus haut que les autres ſelon les proportions reciproques de leurs peſanteurs, dont voicy les regles.

Regle de l'équilibre des liqueurs differentes par la peſanteur.

ON conſidere icy deux ſortes de peſanteurs des corps, l'une qui procede de la maſſe du corps, comme un pied cube de bois peſe plus qu'un pouce cube de même matiere ; l'autre procede de la denſité des matieres ou de quelque autre cauſe par laquelle un corps peſe plus qu'un autre de pareil volume, comme un pouce cube d'or peſe plus qu'un pouce cube de fer,

nous appellerons peſanteur ſpecifique cette derniere peſanteur ; ainſi la peſanteur ſpecifique de l'eau eſt plus grande que celle de l'huile ; on ne conſidere point icy le poids de l'air dans lequel on peſe les corps, quoy qu'à la rigueur on y doit avoir égard.

Soit donc dans le ſyphon A B C de l'eau en équilibre à la hauteur D E qu'on verſe tout doucement de l'huile dans la branche C B juſques à ce que le ſoit à la hauteur C, il arrivera que l'eau deſcendra au deſſous de E, & s'élevera au deſſus de D en l'autre branche ; ſoit la deſcente E F, & D G l'élevation, & ſoit tiré F H horizontale, alors l'huile F C ſera à l'eau H G reciproquement comme la peſanteur ſpecifique de l'eau eſt à celle de l'huile ; car l'eau F B ſera équilibre avec l'eau B H, donc l'huile F C ſera équilibre avec l'eau H G, or il eſt neceſſaire pour faire que le tout demeure en cet état que les parties H & F ſoient également preſſées ſelon le principe cy-deſſus : Donc la quantité d'huile F C peſera autant ſur F



que l'eau H G ſur H. La même choſe arrivera au mercure & à l'eau ; Car ſi on met dans le ſyphon A B C du mercure juſques à la hauteur D E & qu'on verſe doucement de l'eau par C inclinant un peu le ſyphon au commencement afin que l'eau ne ſe mêle point avec le mercure, & que l'eau ſoit élevée juſqu'en C, & le mercure juſqu'en I, l'eau deſcendra comme juſques à la ligne horizontale K L ; & alors l'eau K C avec le mercure K B, ſera équilibre avec le mercure B I ; & comme la peſanteur ſpecifique du mercure eſt à celle de l'eau, ainſi reciproquement la hauteur K C ſera à la hauteur L I, & par ce moyen il ſera facile de determiner les peſanteurs ſpecifiques des liqueurs à l'égard l'une de l'autre, car ſi le mercure peſe quatorze fois plus que l'eau, K C ſera quatorze fois plus grande que L I.

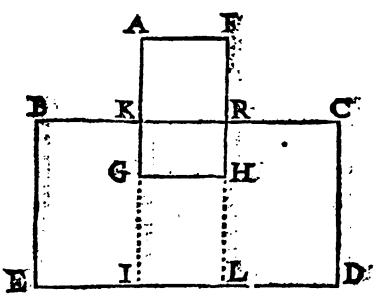
Ayant conſideré l'équilibre des differentes liqueurs entr'elles, on peut conſiderer celuy des corps fermes qui n'agent ſur l'eau, comme le bois, la cire, &c. En voicy les regles.

Regles de l'équilibre des corps fermes dont la pesanteur specifique est moindre que celle de l'eau.

I. Regle.

TOut corps ferme plus pesant que l'air & plus leger que l'eau y étant mis, s'y enfoncera un peu & fera élever l'eau, & toute sa partie enfoncée sera au reste comme sa pesanteur specifique à celle de l'eau.

Soit dans la figure suivante B C D E de



l'eau dont la surface superieure soit B C, contenuë dans quelque vaisseau ; & soit A F G H un corps cubique plus leger specifiquement que l'eau, & plus pesant que l'air ; je dis qu'il ne demeurera pas sur la superficie de l'eau ; Car la colomne quarrée d'eau K R L I seroit plus pressée qu'une co-

somme égale B E I K, puiſque le poids du corps A H y ſeroit de plus ; donc le poids deſcendra, & entrera dans l'eau, mais il ne s'y cachera pas entierement, parce qu'alors la colomne K B I L compoſée de ce corps & d'eau, ſeroit plus legere qu'une égale colomne d'eau B E I K ; ſoit donc ſon enfoncement juſques en K R, & que l'eau qui l'environne ſe ſoit élevée juſques en B C, qui ſera plus haute qu'elle n'étoit auparavant à cauſe que la portion K G H R du corps occupe la place d'une partie qui eſt obligée de s'élever : je dis que l'eau contenuë en K G H R, dont le corps occupe la place, ſera d'un poids égal au poids de tout le corps, c'eſt-à-dire que ſi une quantité d'eau égale en volume à K G H R peſe autant dans l'air que le corps entier A F G H, il demeurera dans cette ſituation ; & la portion K R G H de ce corps ſera au total, comme la peſanteur ſpecifique de tout ce corps ſera à celle de l'eau.

Ainſi ſi le corps A F G H eſt à l'eau en peſanteur ſpecifique comme 3 à 4, la partie A F K R qui paſſera au deſſus de l'eau ſera le quart de toute ſa hauteur ; car s'il peſoit 12 livres dans l'air, autant d'eau peſeroit 16 livres ; & par conſequent la partie K R G H peſeroit 12 livres ſi elle étoit d'eau, elle ne peſera donc que 9 livres ; & la partie au deſſus de l'eau A F K R ſera de

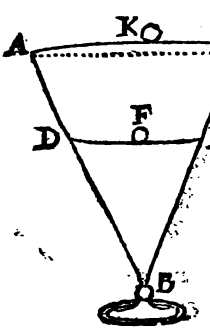
3 livres & le tout peſera 12 livres comme l'eſpace d'eau occupé par la partie du poids qui y entre qui ſera 16 livres dans la même raiſon de 3 à 4 : & par la premiere regle le poids demeurera en cet état dans l'eau. Et parce que le liege eſt 4 fois moins peſant que l'eau, ſi l'on met dans de l'eau B C E D un cylindre de liege A F G H, il deſcendra, & ſi la ſuperficie de l'eau eſt double de celle de la baze du cylindre, l'eau ne s'élevera que de la huitiéme partie de la hauteur du cylindre, & le cylindre ne deſcendra dans l'eau que de ſon quart, enſorte que la partie qui reſtera hors de l'eau ſera les 3 quarts de tout le cylindre.

L'eau s'attache quelquesfois aux corps legers, & s'éleve un peu en concavité contre la partie au deſſus de K, & quelquesfois il ſe fait un petit enfoncement au deſſous, comme il a été expliqué cy-devant, ce qui pourroit faire quelque difficulté ; mais ce peu d'eau qui s'élevera au deſſus du reſte de la ſurface de l'eau n'y pourra faire qu'un tres-petit changement, & on ne le conſidere point icy.

Cette proprieté de l'eau de s'attacher ou de ne pas s'attacher à de certains corps, fait quelquesfois paroître des effets aſſez ſurprennants. En voicy des exemples.

A B C eſt un verre à demy-plein d'eau,

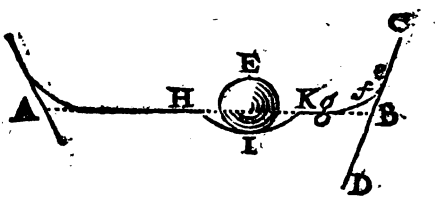
dont la ſurface ſuperieure eſt D E : s'il y a



une petite bulle d'écume pleine d'air comme F, ou une petite balle creuſe de verre pleine d'air plus legere que l'eau ou quelques autres corps ſemblables, elle ira vers les bords E ou D, & s'y tiendra comme collée ; mais au contraire ſi le verre eſt tout plein d'eau comme en A C, alors la petite balle K ne pourra approcher du bord, ſi on l'y pouſſe elle reviendra vers le milieu en K. Mais il y a d'autres petits corps legers qui font des effets tout contraires. Prenez une petite balle de cire non moüillée, & la poſez doucement ſur l'eau en F, quand le verre n'eſt pas plein, elle fuira les bords, & ſi on la met en K vers le milieu quand le verre eſt plein, elle ira ſe precipiter vers C juſques à ce qu'elle touche le bord du verre. On peut expliquer ces effets en cette ſorte.

A B eſt la ſurface de l'eau quand le verre n'eſt pas plein, C D eſt le bord du verre où l'eau fait une petite élevation comme *efg*, E eſt la boule de cire qui étant graſſe & poſée doucement ſur l'eau

y fait un petit creux H I K à cauſe que



l'eau ne s'y attache pas, & la balle entre au deſſous de la face de l'eau A H K B juſques à ce que la partie qui eſt au deſſous avec l'air qui eſt compris au deſſous de la ligne horizontale ponctuë peſe autant que l'eau qui y étoit contenuë dans l'eſpace compris de cette ligne ponctuée H K & de la ligne courbe H I K, or ſi l'on fait avancer cette balle juſques vers *g*, lorſque le point K de l'extremité de la concavité H I K veut s'approcher plus prés du bord du verre que le point *g*, alors l'eau qui eſt en *ef* n'étant plus ſoutenuë par celle qui eſt au point *g* deſcend, & repouſſe la boule juſques à ce que le point K ſoit joint au point *g* la courbure *efg* demeurant en ſon premier état.

Mais ſi ce verre eſt tout plein & que l'eau paſſe par deſſus les bords ſans ſe renverſer comme il ſe peut faire aiſément, & comme on le voit en la figu-

re

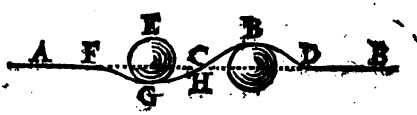
re ſuivante où l'eau fait une convexité

depuis L juſques au bord du verre B, alors quand la boule E ſe ſera avancée juſques à ce que la ſection H I K rencontre la convexité L B, comme en P, ce point P ſera plus bas que le point H de l'autre côté de la balle ; & par ce moyen la balle ſe trouvera dans un penchant qui ſera encore plus grand quand la même ſection s'approchera plus prés de B, & cette pente deviendra toujours plus roide juſques à ce que la balle touche le verre au point B, comme on le voit en la même figure de l'autre côte du verre.

Par ces mêmes raiſons lorſque deux de ces balles ſont miſes aſſez prés l'une de l'autre, elle ſe joignent : car ſoit la ligne A C D E F B le niveau de la ſurface de l'eau,

C a e E, D e b F les deux creux que font le

balles, & le point *e* l'interſection des creux, il eſt évident que le point *e* ſera plus bas que le niveau de l'eau A C F B, & que par conſequent il y aura une pente de part & d'autre ; ce qui fera que les balles couleront juſques à ce qu'elles ſe rencontrent comme on le voit en cette même figure. Que ſi l'une des balles eſt moüillée, en ſorte que l'eau s'y puiſſe attacher, elles ſe repouſſeront l'une l'autre ; ce qui ſe prouve de même ; car dans la balle moüillée B en la figure ſuivante ; il ſe fait une élevation de



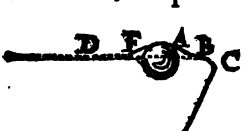
l'eau comme C B & B D, & dans l'autre E un creux comme F G H ; & ſi on les pouſſe l'une contre l'autre, l'eau s'élevera davantage vers C entre les deux balles & en une plus grande quantité, ce qui fera que les balles ſeront repouſſées en arriere l'une de l'autre,

Que ſi les deux balles de la figure precedente ſont moüillées, elles s'approcheront à cauſe de la concavité qui reſte entr'elles ; & elles ſe joindront par la même cauſe que deux gouttes d'eau ſe joignent & ne font plus qu'une ſeule goutte. Car les deux élevations d'eau B C, C D dans la

figure ſuivante, ſont comme deux demy-

gouttes qui doivent ſe joindre en ſe touchant tant ſoit peu.

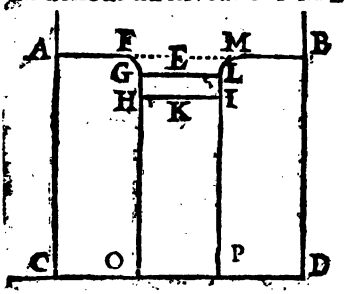
C'eſt par la même raiſon que deux balles moüillées ſe joignent & qu'elles s'approchent des bords du verre quand il n'eſt pas plein: car il s'y fait une ſemblable élevation d'eau; & quand il eſt plein & que l'eau paſſe plus haut que les bords, la balle moüillée en eſt repouſſée de la même maniere qu'elle eſt repouſſée par une balle non moüillée; car s'approchant du bord du verre C, la petite élevation d'eau A B fait



hauſſer plus haut celle qui eſt entre B & C, & alors toute l'élevation eſt plus forte que la ſeule D F qui n'eſt que concave; & par conſequent la boule ſera repouſſée du côté de D, ce qui eſt conforme à l'experience.

Cette difficulté qu'a l'eau de s'attacher à la cire, fait que quelquefois des corps plus peſans que l'eau ne coulent pas au fond, comme ſi le petit cylindre E K eſt de boüis ou de quelque autre bois plus peſant que l'eau, & qu'il ſoit frotté de ſuif, ou enduit

de quelque vernix qui empêche l'eau de s'y attacher, il demeurera ſuſpendu & fera un enfoncement dans l'eau comme F G H K I L M ; car l'eſpace d'air G F L M qui eſt au deſſous du niveau A F M B, n'ayant point



de poids, le fond O P ne ſera pas plus chargé que C O qui luy eſt égal & même on peut pouſſer un peu avec le doigt en embas le petit cylindre, ſans qu'il aille au fond ; pourveu que les courbures F G, M L ſoient moindres qu'une ligne & demie ; car pouvant être de 2 lignes ſans que l'eau coule ſur G L, il y aura plus d'air au deſſus, & dés qu'on ôtera le doigt, le cylindre remontera, non pas à cauſe que l'air le retire à ſoy, mais parce que les colomnes d'eau qui ſont à côté, dont les baſes ſont égales à P O, peſe plus & font remonter le cylindre G L. On peut mettre par ces mêmes raiſons une petite éguille ſur de l'eau calme ſans qu'elle enfonce, ſi elle eſt un peu graſſe & ſeiche ; mais dés qu'elle ſera moüillée, l'eau s'y attachera, & il ne s'y fera point d'enfoncement où l'air ſe

puiſſe loger, & elle ira au fond.

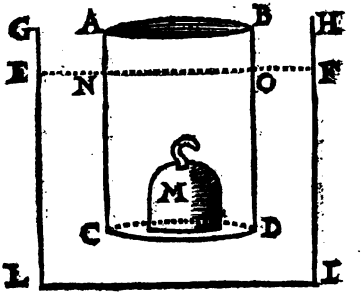
On peut s'étonner pourquoy la glace va au deſſus de l'eau, car il ſemble qu'étant plus froide que l'eau coulante elle doit être plus condenſée & parconſequent plus peſante; mais il faut remarquer que la glace eſt toujours mêlée de quelques bulles d'air, comme il a été expliqué dans la premiere Partie; & c'eſt ce mélange qui la rend plus legere: & encore qu'en quelques endroits de la glace ce mélange ne ſoit pas viſible à cauſe de la petiteſſe des parcelles d'air, on peut croire qu'il y en a toujours quelque peu, & que ce peu étant joint à la glace dont la condenſation à l'égard de l'eau n'eſt pas fort conſiderable, peut faire un compoſé moins peſant que l'eau.

La même choſe arrive au plomb à la graiſſe, à la cire, & à quelques autres matieres ſemblables; car ces matieres étant fonduës ſoûtiennent les parties qui ne le ſont pas encore, ce qui procede de ce qu'il ſe fait toujours quelques intervalles vuides entre les parties de ces corps quand ils commencent à ſe durcir. Si l'on coupe une balle de plomb par le milieu, on y trouve vers le centre un vuide conſiderable; la graiſſe en ſe congelant devient opaque à cauſe des petits intervalles vuides qui s'y font qui empêchent la lumiere de continuer en ligne droite par les diverſes re-

fractions & reflections qu'elle y souffre.

Application de cette Regle.

SI l'on enferme un vaisseau vuide ABCD dans l'eau F E I L contenuë dans quel-

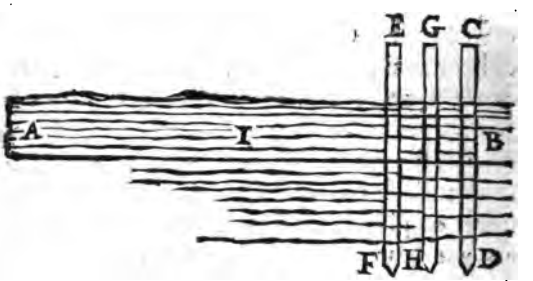


que vaisseau G L I H, tenant ce vaisseau vuide en sorte qu'il soit droit, & qu'il ne puisse pas se renverser ; il faut autant de force pour en tenir une partie arrêtée à une certaine profondeur au dessous de la surface de l'eau E F comme celle qu'il faudroit pour soûtenir en l'air un poids M qui étant mis dans le fond du vaisseau ABCD le pourroit tenir en cette situation, lequel poids avec celuy du vaisseau vuide doit être égal au poids de l'eau qui occuperoit l'espace N O D C, comme il a été expliqué cy-devant.

On peut appliquer cet effet à la glace qui se forme dans les rivieres autour des pilotis qui soûtiennent les Ponts, pour juger si la riviere venant à s'enfler, la glace qui est attachée aux pilotis les peut soûlever & renverser le Pont. Car supposant que la glace ait un pied d'épaisseur, & qu'elle pese avec l'air dont elle est remplie moins d'un douziéme que l'eau, on fera aisément le calcul pour sçavoir quelle pesanteur peut l'empêcher de s'élever au dessus de l'eau, comme si elle a 400 pieds de surface, ce sera 400 pieds cubes dont chacun ne pesera que 64 livres au lieu des 70 pour le pied cube d'eau, & le produit de 6 difference de 64 à 70 étant multiplié par 400 est 2400 livres : Or si le poids des pilotis du Pont est plus grand que 2400, la glace n'arrachera pas les pilotis ; car il y aura encore de plus la resistance que font les pilotis par leur frottement contre le terrein ferme où ils sont engagez, pour être arrachez.

Si la glace n'étoit que du côté d'enhaut & qu'elle fût extrêmement longue comme A B, elle pourroit servir de levier, comme on le voit en la figure, en faisant son appuy sur le dernier pilotis C D pour arracher les pilotis E F & G H, mais il ne faudroit prendre la portion de sa force que depuis la moitié de la distance A B

à cauſe que chaque partie de la glace A B n'agit que ſelon ſa diſtance juſques au point d'appuy D ; que s'il y a auſſi de la glace de l'autre coté & de la même longueur, alors elle employera tout ſon effort : Mais comme ordinairement les Ponts ont beaucoup de peſanteur, ils ſont plûtôt emportez par le choq continuel des grands glaçons qui peu à peu les ébranlent, & les déracinent en les heurtant par en haut, que par le ſoûlevement de la glace qui n'y peut pas faire un grand effort.



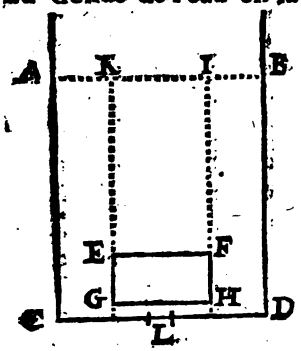
Si l'on met un corps fort léger dans des liqueurs differentes en peſanteur ſpecifique, la partie enfoncée dans l'une ſera à la partie enfoncée dans l'autre, comme la peſanteur ſpecifique de l'une eſt à la peſanteur ſpecifique de l'autre.

Par ces mêmes raiſons les Vaiſſeaux & les Batteaux chargez de marchandiſes doivent s'enfoncer dans l'eau juſques à ce que l'eau

dont *ils* occupent la place au dessous du niveau, pese autant que le Vaisseau avec tout ce qui est dedans : D'où il est arrivé quelquesfois que des Vaisseaux entrant de la mer dans des rivieres couloient à fond ; parce que l'eau douce étant plus legere que celle de la mer, l'espace de l'eau douce égal à celuy qu'occupoit le Vaisseau entier étoit moins pesant que le poids du Vaisseau, & que dans la mer ce poids du Vaisseau étoit moins pesant.

II. REGLE.

LEs corps plus legers que l'eau étant retenus par force au fond de l'eau, & étant ensuite laissez en liberté s'élevent au dessus de l'eau en la maniere suivante :

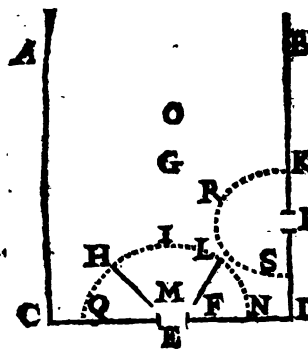


A B C D est l'eau contenuë dans le Vaisseau ; E F G H est le corps dont la pesanteur specifique est moindre que celle de l'eau : Or la colomne K I G H pese moins qu'une colomne d'eau de même volume I H B D, & par consequent l'eau proche du

point H, entre H & D eſt plus chargée que celle qui eſt entre G & H, & par conſequent elle s'inſinuëra & coulera ſous le corps G H & le pouſſera en haut. Les autres parties de l'eau qui ſont au fond à la même profondeur que le deſſous de ce corps feront le même effet pour le pouſſer en haut ; & comme il rencontrera plus haut de ſemblables diſpoſitions, il ſera toujours élevé juſques à ce qu'une partie ſoit au deſſus de l'eau ; & parce qu'il s'élevera avec viteſſe, il paſſera un peu plus haut que l'endroit où il doit s'arrêter ; mais il redeſcendra un peu plus bas que cet endroit, & enfin aprés quelques autres balancemens il s'arrêtera dans le lieu de ſon équilibre ſelon les regles precedentes.

Que s'il y avoit un trou dans le fond du Vaiſſeau comme L, par où l'eau coulât, le corps F H ne s'éleveroit point ; car la même eau qui devroit pouſſer ce corps en haut, deſcend par l'ouverture & l'entraîne de ſon côté par ſa viſcoſité ; & étant preſſé par deſſus par la colomne d'eau K E I F, il demeurera toujours au fond de l'eau juſques à ce qu'elle ſoit toute écoulée.

Il eſt évident par ce qui a été dit cy-deſſus, que ſi A B C D eſt un Vaiſſeau plein d'eau ayant une ouverture en E, l'eau qui eſt à côté comme en F étant preſſée par toute l'eau ſuperieure, ſera preſſée vers l'ouver-



ture avec plus de force que celle qui eſt au deſſus perpendiculairement; comme en I : ſi le point G eſt plus éloigné du point E que le point F, on en verra l'experience en y laiſſant tomber un petit moreeau de papier tortillé & moüillé, ou quelqu'autre petit corps un peu plus peſant que l'eau, comme des fragmens de ſcieures de bois : Car dés qu'on ôtera le doigt qui ſoûtenoit l'eau en E, l'eau coulant ſera ſuivie du papier en F, ce qui fera connoître que les parties de l'eau proche de ce petit corps, y ſont pouſſées de même que les autres parties qui ſont les plus proches de l'ouverture, & qui ſont compriſes dans une demie Sphere comme QHILN, celles qui ſeront les plus proches comme en M ou F, iront ſucceder à celles qui coulent plus vite, que les plus éloignées, comme H ou L, & beaucoup plus que celles qui ſont comme en G ou plus haut en O. On en fera l'experience en laiſſant tomber des petites parcelles de quelques matieres dans l'eau avant qu'ôter le

doigt : Car on verra que celles qui seront en H ou L, & qui tomboient perpendiculairement, seront détournées pour aller par les rayons de la demie Sphere HE & LE avec une plus grande viteſſe que de ſemblables petits corps qui ſeront en O ou en G. La même choſe arrivera ſi l'ouverture eſt comme en P au lieu d'être en E : Car les petits corps qui ſeront dans la demie Sphere KRS, y couleront dés qu'on aura ôté le doigt ; c'eſt par cette raiſon que ſi on perce un tonneau de vin à un doigt au deſſus de la lie, & que le trou ſoit aſſez grand ; les parties de la lie les plus proches monteront pour y paſſer & rendront le vin trouble. Lorſque les ouvertures E ou P ſont fort petites, la demie Sphere ne s'étend pas ſi loin que quand elles ſont grandes.

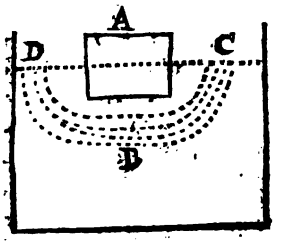
III. REGLE.

LEs corps dont la peſanteur ſpecifique eſt plus grande que celle de l'eau, tomberont au fond.

EXPLICATION.

SOit A le corps plus peſant que l'eau ; il deſcendra de la même maniere dans l'eau que dans l'air ſinon qu'il deſcendra moins vite, l'eau B qui ſera immediate-

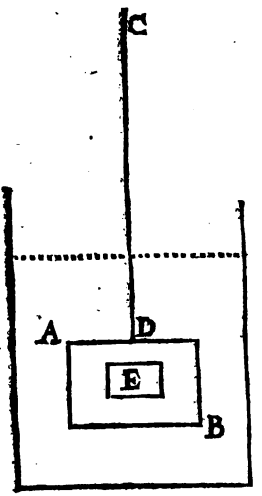
ment au dessous sera poussée en bas par ce corps qui choquant l'autre plus bas la poussera à côté vers C & D en circonference, & toute l'eau du Vaisseau sera mise en mouvement ; & quand le corps sera descendu comme en B il se fera d'autres tourbillons pour remplir la place qu'il quittera jusques à ce qu'il touche le fond.



IV. REGLE.

LEs corps dont la pesanteur spécifique est plus grande que celle de l'eau, perdent dans l'eau autant de leurs poids qu'en a l'eau dont ils occupent la place.

SUspendez le corps AB, dans l'eau par la corde CD, supposé qu'on en ait ôté interieurement la partie E, ensorte que le reste pese autant que l'eau qui rempliroit tout l'espace AB si ce corps étoit ôté, il est évident qu'il sera alors équilibre avec autant d'eau située à côté ; & par consequent qu'il ne peseroit rien sur la corde CD, non plus que si on la trempoit dans l'eau

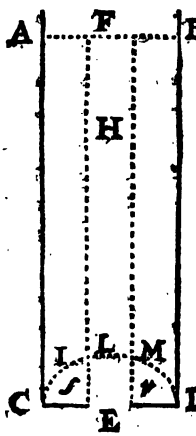


ſans le corps : Donc ſi l'on entend que la partie E y ſoit remiſe, tout le corps ne peſera ſur C D qu'autant que peſe la partie E ; d'où il s'enſuit ce qui avoit été propoſé : De là on peut trouver le moyen d'examiner la peſanteur ſpecifique de tous les corps qui peſent plus que l'eau, tant à l'égard de l'eau que des autres corps ; car ſoit par exemple le corps A B, d'or ; il faudra le peſer dans l'eau avec une balance l'attachant à l'un des baſſins par une cordelette & mettant un poids d'égale peſanteur dans l'autre baſſin, on le laiſſera tremper enſuite entierement dans l'eau, & s'il faut ôter $\frac{1}{18}$ du poids qui luy faiſoit équilibre dans l'air pour continuër l'équilibre lorſqu'il eſt dans l'eau, on connoîtra que la peſanteur ſpecifique de l'or eſt à celle de l'eau comme 18 a 1, & ſi le corps eſt de plomb & qu'il faille ôter $\frac{1}{11}$ du poids qui luy faiſoit l'équilibre dans l'eau ; on connoîtra que la peſanteur ſpecifique de l'eau

à l'égard du plomb eſt comme 1 à 11, & enſuite que celle de l'or à l'égard du plomb eſt comme 18 à 11; de là on pourra connoître ſi une piece d'or eſt fauſſe ſans l'alterer, car ſi dans une ſemblable experience elle perd dans l'eau $\frac{1}{12}$ ou $\frac{1}{14}$ de ſon poids, on jugera qu'il y a d'autres métaux mêlez en aſſez grande quantité, comme le tiers ou la moitié, & qu'elle eſt fauſſe; mais ſi elle ne perdoit que $\frac{1}{17}$ on pourroit la prendre pour bonne, parce qu'il y auroit tres-peu de mélange. Que ſi l'on ſuſpend dans un ſeau avec une corde un grand corps cylindrique de verre ou de métail, enſorte qu'il le rempliſſe à peu prés ſans toucher le bors ny le fond, & qu'on y verſe de l'eau pour remplir les vuides juſques à la hauteur du corps cylindrique; alors celuy qui ſupportoit le ſeau facilement avant qu'on y eût mis l'eau aura de la peine à le ſupporter; car il peſera autant que s'il étoit plein juſques à la hauteur de ce corps aprés qu'il ſeroit ôté, & celuy qui ſoûtenoit la corde ſera déchargé d'autant de poids que ſeroit le poids de l'eau dont le corps cylindrique occupe la place; la raiſon eſt qu'alors ce corps ſuivroit les mêmes regles que les corps qui ſont ſoûtenus dans l'eau dont le poids diminuë du poids d'un pareil volume d'eau que celuy qu'ils occupent, & par conſequent celuy qui ſoûtiendroit la corde

ſe ſentiroit déchargé d'un poids égal au poids de l'eau d'un pareil volume que le corps cylindrique, & l'autre qui auroit la main ſous ce ſeau, outre le poids du ſeau ſoûtiendroit autant de poids que celuy dont l'autre ſe ſentiroit déchargé, & encore celuy du peu d'eau qu'on y auroit verſée.

Quelquesfois les corps plus legers que l'eau vont au fond par une cauſe aſſez facile à expliquer ; en voicy une experience : Ayez un verre cylindrique de 7 ou 8 pouces de hauteur & de trois ou quatre de largeur comme A B C D, qui ait une ouverture E, au milieu du fond d'environ 3 lignes, empliſſez le verre d'eau tenant le doigt ſous E, & mettez au deſſus de l'eau une petite balle de cire F qui puiſſe paſſer par l'ouverture E, & lors que l'eau ſera calme & arrêtée, ôtez le doigt & laiſſez couler l'eau ; la cire deſcendra de même que la ſurface de l'eau & paſſera par E avec la derniere eau. Mais ſi vous donnez un grand mouvement circulaire à l'eau, ſoit en la verſant de travers contre



les

les bords du verre ou autrement, lorsque vous ôterez le doigt de l'ouverture, vous verrez descendre la balle incontinent aprés que l'eau aura commencé à couler, & faire un vuide dans le milieu de l'eau où l'air s'insinuë comme depuis H jusques à E, & ce vuide ne se remplit point que toute l'eau ne soit écoulée, & l'on voit toujours comme une colomne d'air torse depuis le haut de l'eau jusques à l'ouverture E.

Cet effet s'explique en cette maniere. L'eau qui est dans la demie Sphere CILMD est poussée vers E, lorsque l'eau est calme & sans mouvement considerable comme il a été prouvé, & elle succede à celle qui sort avant que celle qui est vers H y soit descenduë; mais lorsque l'eau a un grand mouvement circulaire les parties laterales vers M & I ou *r* & *s*, ne peuvent arriver vers E qu'aprés 4 ou 5 tours en spirale, & même elles sont portées vers les bords du verre à cause qu'elles sont poussées selon les tangentes des cercles qu'elles décrivent; d'où il arrive que la colomne entiere FE y tombe d'abord & y passe toute avec la petite balle de cire qui est au dessus; & parce que l'eau qui est à côté de cette colomne qui s'est écoulée, ne peut pas remplir sa place assez vîte à cause de son mouvement circulaire qui n'y a pas sa direction, il est necessaire que l'air superieur par

ſon poids & ſon reſſort s'y inſinuë, & y demeure toujours juſques à la fin de l'écoulement.

Il arrive quelquesfois que la petite balle n'eſt pas directement ſur la colomne, & alors elle eſt portée un peu à côté entre deux eaux, même ſi elle revient vers le milieu, la colomne d'air la repouſſe par ſon reſſort juſques vers les bords du verre: Mais enfin elle entre dans la colomne vuide & paſſe enſuite par l'ouverture en tournoyant tres-vite avant que la moitié de l'eau ſoit écoulée.

C'eſt par les mêmes raiſons que s'il y a une grande ouverture ſous le fond d'une eau profonde ſoit d'une riviere ou de la Mer, par où l'eau s'écoule vers des lieux éloignez plus bas, comme on dit que la mer Caſpienne s'écoule dans le Pont-Euxin l'eau entraine les Vaiſſeaux qui paſſent par deſſus ce gouffre; Car l'eau y tombant de biais prend toujours ſon mouvement tournoyant & fait le même effet à l'égard des Vaiſſeaux qui paſſent par deſſus, que l'eau tournant dans le verre A B C D à l'égard de la balle de cire. On dit auſſi qu'il y a dans quelque Mer proche de la Suede un ſemblable tournoyement d'eau où les Vaiſſeaux s'abaiſſent, & qu'on en a veu quelquesfois les débris en un endroit d'une Mer voiſine qui eſt plus baſſe. Il eſt aiſé de ju-

ger que l'eau employe plus de temps à s'écouler par l'ouverture E quand elle tourne en rond, que quand elle ne tourne point, puisqu'au premier cas l'air occupe une partie de cette ouverture.

SECOND DISCOURS.

De l'Equilibre des corps fluides par le reſſort.

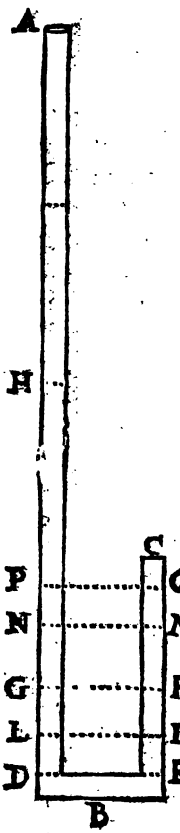
L'Air & la flamme agiſſent par leur reſſort pour faire équilibre avec les autres corps; le reſſort de l'air ſe manifeſte par pluſieurs experiences ſoit dans les barometres où il ſe dilate beaucoup, ſoit dans les arquebuſes à vent où il ſe condenſe extrêmement; mais il eſt tres-difficile de bien expliquer ces dilatations & ces condenſations. Pour en donner quelque idée, on peut conſiderer toute l'étenduë de l'air de bas en haut, comme un grand amas d'éponges ou de balles de cotton, dont les plus hautes auroient leur étenduë naturelle; mais celles du deſſous étant preſſées par le poids des ſuperieures ſe réduiroient à une tres-petite épaiſſeur, & elles reprendroient leur premiere dilatation, lorſqu'elles ſeroient déchargées du poids des autres. Suivant cette hypotheſe on peut

dire que l'air d'icy-bas fait équilibre par ſon reſſort avec le poids de tout le reſte de l'air dont il eſt chargé ; enſorte que ſi cet air ſuperieur devenoit plus peſant ou qu'on y en mît davantage, l'air inferieur ſe condenſeroit un peu plus qu'il n'eſt ; & ſi le ſuperieur devenoit moins peſant ou s'il avoit moins d'étenduë, l'inferieur ſe dilateroit davantage. On peut comparer auſſi le reſſort de l'air à un reſſort d'acier qui ſe preſſe & ſe ſerre davantage quand on le charge d'un plus grand poids, & qui ſe releve & s'étend quand on ôte une partie du poids ; & comme on peut dire qu'un reſſort d'acier étant preſſé & reduit à une certaine figure par un poids, fait équilibre dans cet état avec ce poids ; on peut dire de même que l'air d'icy-bas condenſé comme il eſt, fait équilibre par ſon reſſort avec tout le poids de l'Atmoſphere.

Pluſieurs experiences font voir que la condenſation de l'air ſe fait ſelon la proportion des poids dont il eſt chargé : En voicy une aſſez facile. Prenez un tuyau de verre recourbé A B C fermé au bout C & ouvert à l'autre ; verſez-y un peu de mercure juſques à la hauteur horizontale D E, afin que l'air enfermé C E ne ſoit ny moins ny plus dilaté que celuy qui eſt dans l'autre branche : car ſi le vif-argent étoit un peu plus haut dans une des branches que

dans l'autre, l'air y seroit moins pressé. Il faut que la hauteur E C soit mediocre comme de 12 pouces telle qu'on l'a supposée en cette figure, & l'autre D A tant grande qu'on pourra. Le mercure étant donc de part & d'autre à la même hauteur vers D & E, & n'y ayant plus de communication de l'air E C avec celuy de D A, versez par le bout A avec un petit entonnoir de verre, du mercure nouveau, prenant garde de ne point faire entrer d'air dans l'espace C E, vous remarquerez que le mercure montera peu à peu vers C, & condensera l'air qui étoit en C E, & que si E F est de six pouces, F G étant une ligne horizontale, le mercure sera monté dans l'autre branche jusques en H si ce point est distant de 28 pouces du point G, & que les barometres soient alors à la hauteur de 28 pouces dans le lieu de l'observation; car s'ils n'étoient qu'à 27 & demy, aussi G H ne seroit que de 27 pouces & demy: Or en cet état l'air en F C est pressé par le poids de l'Atmosphere qu'on suppose égal à celuy de 28 pouces de mercure, & encore des 28 pouces qui sont en l'espace G H; & par consequent il est chargé d'un poids double de celuy dont est chargé l'air, qui est dans le lieu où se fait l'experience & qui est semblable à celuy qui étoit en E C avant qu'il fût condensé par le poids du mercure G H.

On verra donc manifeſtement dans cette experience que l'air E C aura ſuivy en ſa condenſation la proportion des poids : On trouvera la même proportion dans les autres experiences en faiſant le calcul en cette ſorte ; il faut prendre pour premier terme la ſomme du poids de l'Atmoſphere & du mercure qui ſera monté plus haut que le bas de l'air dans la branche E C ; pour ſecond terme, le poids de l'Atmoſphere, c'eſt-à-dire 28 pouces de mercure ; pour troiſiéme, la diſtance E C ; & le quatriéme proportionnel ſera l'eſpace ou hauteur où ſe reduira l'air enfermé dans le tuyau E C : comme ſi l'air étoit ſeulement reduit à l'eſpace I C de 8 pouces, on trouveroit que le mercure ſeroit en l'autre tuyau ſeulement 14 pouces plus haut que la ligne horizontale I L. Or ces



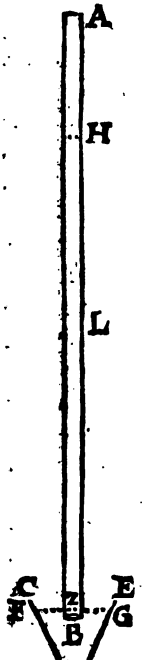
14 pouces avec les 28 de l'Atmoſphere ſont 42 ; il faut donc dire ſuivant cette regle comme 42 pouces eſt à 28 pouces, ainſi l'étenduë de l'air E C, eſt à l'étenduë I C. Que ſi on vouloit reduire ce même air en l'eſpace M C de 3 pouces qui eſt le quart de E C ; il faudroit mettre 84 pouces de mercure dans la branche D A au deſſus de la ligne horizontale M N, & on trouveroit cette proportion par le calcul ſuivant : comme M C 3 pouces eſt à M E 9 pouces, ainſi 28 pouces poids de l'Atmoſphere, eſt à 84 ; car en changeant 84 ſera à 28 comme 9 à 3, & en compoſant 84 plus 28, c'eſt-à-dire 112 ſera à 28 comme 9 plus 3 c'eſt-à-dire E C 12 à 3, & ſi l'on veut ſçavoir quelle hauteur de tuyau il faudroit pour reduire cet air en l'eſpace O C d'un pouce, il faut dire, comme O C un pouce, eſt A O E 11 pouces, ainſi 28 pouces de mercure poids de l'Atmoſphere, à 308, & 308 ſera la hauteur verticale qu'il faut donner au mercure au deſſus du point O ou P par où l'on connoîtra que pour faire cette experience il faut que la branche D A ſoit plus haute que 308 pouces, c'eſt-à-dire qu'il faut qu'elle ſoit d'environ 320 pouces afin qu'il reſte un eſpace au deſſus du mercure pour empêcher qu'il ne verſe.

La même choſe arrivera ſi la branche

E C eſt beaucoup plus large ou beaucoup moindre que la branche D A : Car ſi l'on y verſe du mercure juſques à ce qu'il monte à la hauteur G F, G H hauteur du mercure dans l'autre branche ſera de 28 pouces : car comme le mercure D G fait l'équilibre avec le mercure E F, quoy qu'en beaucoup plus grande quantité, comme il a été prouvé cy-devant à l'égard de l'eau, auſſi le reſſort de l'air en F C ſera équilibre avec le mercure G H, puiſqu'il le ſoûtiendroit ſi G H étoit de même largeur que F C ; & par conſequent il fait autant d'effet que ſi la branche E C étoit auſſi haute que l'autre, & qu'il y eût du mercure juſques à la même hauteur H : j'en ay fait les experiences ſuivantes. Ayant fait verſer du mercure juſques à L qui étoit le tiers de E C, il s'en trouva 14 pouces moins $\frac{1}{4}$ au deſſus de I L dans l'autre branche, & il s'y en trouva

va 27 pouces $\frac{1}{2}$ au dessus de G F, quand l'espace E F moitié de E C en fut plein, & y en ayant fait mettre jusques à 44 pouces $\frac{1}{2}$ au dessus de N M ; M C se trouvera de trois parties $\frac{4}{5}$ un peu plus de telles parties que E C en contenoit 10 ; ce qui fait toujours la même proportion ; car les barometres étoient alors à 27 pouces $\frac{1}{2}$: Par de semblables raisons si la branche E C étoit beaucoup plus étroite que l'autre, l'air qui y seroit enfermé, feroit de semblables équilibres par son ressort avec le mercure de l'autre branche. On verra les mêmes proportions lorsque l'air sera plus rarefié que celuy du lieu où se fait l'experience ; ce qu'on éprouvera en cette sorte.

Ayez un barometre A B de telle grandeur que vous voudrez, comme par exemple de 38 pouces, faites y une marque à un point comme Z, à un pouce au dessus du bout ouvert B, afin que ce bout étant plongé dans le mercure du petit vaisseau C D E jusques à cette marque, il reste 37 pouces au dessus. Emplissez le tuyau de mercure & y laissez 9 pouces d'air, afin que quand le tuyau sera renversé comme on le voit en la figure, & soûtenu avec le doigt, il y ait 9 pouces d'air au haut du tuyau ; alors si vous trempez le doigt avec le bout du tuyau dans le mercure du petit vaisseau,



& que vous ôtiez enſuite le doigt, le mercure deſcendra & s'arrêtera aprés quelques balancemens à 21 pouces, ce qui doit arriver pour conſerver la proportion des poids & des condenſations expliquées cy-devant; & on peut le prouver en cette ſorte.

DEMONSTRATION.

Soit le tuyau A B de 28 pouces, Z B d'un pouce; A H de l'air enfermé au deſſus du mercure H B de telle étenduë qu'on voudra, ſoûtenu avec le doigt en B; je dis premierement que ſi on ôte le doigt, le mercure deſcendra; car d'autant que l'air A H eſt condenſé de la même maniere que celuy du lieu où ſe fait l'experience, il doit faire par ſon reſſort équilibre avec tout le poids de l'Atmoſphere, comme il a été éprouvé; & étant joint avec le poids du mercure en Z H, ces deux puiſſances enſemble ſurpaſſeront le poids de l'Atmoſphere; & il faudra de neceſſité que l'air A H ſe dilate, & qu'une

partie du mercure deſcende ; mais il ne deſcendra pas entierement : car s'il deſcendoit entierement, l'air A H ſe dilateroit beaucoup, & en cet état il ne pourroit plus faire équilibre avec le poids de l'Atmoſphere : d'où il ſuit qu'une partie du mercure doit demeurer dans le tuyau. Je dis encore que ſi A H eſt de 9 pouces, qu'il ſe dilatera & repouſſera le mercure, en ſorte qu'il demeurera élevé de 16 pouces au deſſus de la ſurface ſuperieure du mercure F Z G, ſoit cette élevation Z L. Or alors il y aura équilibre entre le poids de toute la colomne d'air de l'Atmoſphere, & le reſſort de l'air dilaté A L joint au poids des 16 pouces de mercure Z L ; & parce que le complement de 16 à 28 eſt 12, l'air dilaté A L fera équilibre par ſon reſſort au poids de 12 pouces de mercure qui reſtent pour le poids de l'Atmoſphere au delà des 16 pouces ; mais comme 28 à 12, ainſi A L de 21 pouces eſt à 9 ; d'où il ſuit que le mercure doit demeurer à 16 pouces d'élevation au deſſus de la marque Z, lorſqu'on laiſſe 9 pouces d'air dans le tuyau au deſſus du mercure, à cauſe que l'air ſe condenſe à proportion des poids dont il eſt chargé. Que ſi le mercure dans une autre experience ſe mettoit à 21 pouces, on pourra juger ſuivant la même Regle, que puiſque ces 21 pouces de mercure font

équilibre avec les $\frac{3}{4}$ du poids de l'air, le quart restant qui doit valoir 7 pouces, sera soûtenu par le ressort de l'air rarefié qui est renfermé dans le tuyau, selon la distinction de l'équilibre des ressorts : Or 28 pouces de mercure poids entier de l'Atmosphere est à 7 pouces, comme 16 pouces d'air dilaté est à 4 pouces d'air, d'où l'on jugera qu'il faut laisser 4 pouces d'air dans le tuyau au dessus du mercure, afin qu'il se mette à 21 pouces, & que l'air se dilate à 16 pouces. Que si on veut reduire le mercure à 14 pouces qui est la moitié du poids de l'Atmosphere dans le même tuyau au dessus de la marque Z, il faut considerer qu'il restera 23 pouces jusques à A, & que l'air dilaté de 25 pouces doit faire équilibre par son ressort à la moitié restante du poids de l'Atmosphere. Il faudra donc dire, que comme 28 est à 14, suplément de 14 à 28, ainsi 23 d'air dilaté qui remplit le tuyau au dessus des 14 pouces, est à 11 $\frac{1}{2}$, ce qui fera connoître qu'il faut laisser 11 pouces & demy d'air au dessus du mercure dans le tuyau de 38 pouces avec l'experience, & il paroîtra manifestement que le ressort de l'air enfermé ne faisant alors équilibre qu'avec la moitié du poids de l'air de l'Atmosphere, puisque les 14 pouces de mercure font équilibre avec le reste, il se sera ra-

refié en proportion double : & par toutes ces experiences on pourra juger en se servant de la Regle expliquée cy-devant, quelle quantité d'air il faudra laisser dans un tuyau grand ou petit, afin que le mercure s'y mette à telle hauteur qu'on voudra ; car quand le tuyau seroit seulement de six pouces au dessus de la marque Z, on trouvera les mêmes proportions en faisant le calcul de même, comme par exemple si 2 pouces est la hauteur donnée du mercure, & qu'on ait trouvé que comme 28 est à 26 complément de 2 à 28, ainsi 4 espace de l'air dilaté au dessus des deux pouces de mercure est à $3\frac{5}{7}$ pouces $\frac{5}{7}$ sera la quantité d'air qu'il faudra laisser dans le tuyau, afin que le mercure se mette à deux pouces de hauteur dans un tuyau de 7 pouces, plongé d'un pouce dans le mercure du vaisseau.

Que si la quantité de l'air enfermé dans le tuyau étoit donnée, & qu'on voulût sçavoir à quelle hauteur demeureroit le mercure aprés l'experience on pourra se servir du calcul algebrique, en y appliquant les mêmes regles, comme je l'ay enseigné dans l'Essay de Logique, & dans le Traité de la nature de l'air.

On trouvera de semblables équilibres du ressort de l'air dans les tuyaux pleins d'eau & d'air, en supposant que le plus

grand poids de l'Atmosphere est égal au poids de 31 pieds d'eau ; ce qu'on a trouvé par experience ; car le barometre étant à 27 pouces 8 lignes, le barometre d'eau étoit à 31 pieds 1 pouce ; & étant à 28 pouces l'autre étoit à 31 pieds 4 pouces : & s'il eût été à 28 pouces 7 lignes, comme il s'y met quelquefois, l'eau auroit été à 32 pieds. Si le tuyau est de 40 pieds, & qu'on veüille reduire l'eau à 16 pieds, il faudra mettre 12 pieds d'air au dessus de l'eau ; car l'air se dilatant au double & occupant 24 pieds, il sera équilibre par son ressort avec la moitié du poids de l'Atmosphere, & les 16 pieds d'eau qui restent, feront équilibre avec l'autre moitié. On suppose qu'une petite partie du tuyau étant plongée dans l'eau où on le trempe, pour faire l'experience de même que celle du mercure, il en reste 40 pieds au dessus.

De là on voit manifestement que si on plonge dans de l'eau fort profonde une bouteille renversée pleine d'air, ayant des poids autour de son goulet suffisants pour la faire aller au fond, lorsqu'on la descendra peu à peu, l'eau y entrera & montera peu à peu dans le goulet ; & que quand elle sera descenduë à 32 pieds de profondeur, l'eau qui y entrera, reduira l'air à la moitié de l'étenduë qu'il avoit dans la bouteille avant que de la plonger, ce que

j'ay expliqué plus amplement dans l'Essay de la nature de l'air.

On voit encore l'erreur de ceux qui croyent que dans une pompe on peut faire monter l'eau jusques à 32 pieds en l'attirant avec un piston, puisque selon le jeu du piston on ne peut l'élever qu'à une certaine hauteur determinée : Car soit par exemple un corps ou tuyau de pompe uniforme de 20 pieds ayant au dessus de 20 pieds un piston de même largeur, & qui ne puisse être élevé & baissé que de l'espace d'un pied ; je dis que s'il y a une soupape au bas de la pompe, & qu'on fasse jouer le piston, l'eau ne pourra pas s'élever jusques à 12 pieds. Car qu'elle soit élevée s'il est possible à 11 pieds, ou qu'on verse sur la soupape de l'eau jusques à 11 pieds de hauteur ; & qu'on raccommode le piston, il restera 9 pieds d'air jusques au piston : & cet air qui se rarefiera en élevant le piston d'un pied, ne pourra être rarefié que comme 9 à 10 ; & parce que 21 complément de 11 pieds à 32, qui est le poids de l'Atmosphere, est à 32, comme 9 à 13 $\frac{5}{7}$, il faudroit pour soûtenir l'eau à 11 pieds, que le piston s'élevât à 4 pieds $\frac{5}{7}$ pour faire l'équilibre entre le poids de l'Atmosphere, & le ressort diminué de l'air enfermé joint au poids des 11 pieds d'eau, comme il a été expliqué cy-devant : d'où

il s'enſuit que par l'élevation du piſton à un pied ſeulement, la ſouſpape ne s'ouvrira point & l'eau ne montera pas plus haut que les 11 pieds.

Pour donner des regles de ces élevations d'eau dans les pompes, on ſe ſervira du calcul algebrique en cette maniere. On appellera A la hauteur où doit monter l'eau dans le tuyau de pompe par le jeu du piſton, faiſant abſtaction du poids de la ſouſpape. Soit le tuyau de pompe au deſſus de la ſurface de l'eau qu'on veut élever de 12 pieds, & ſuppoſé qu'on la veüille élever juſques à ces 12 pieds par un ſeul coup de piſton, on fera cette analogie : comme 20 complément de 12 pieds à 32, eſt à 32, ainſi 12 pieds d'air ordinaire à un 4e proportionnel, ce 4e proportionnel ſera 19 $\frac{1}{5}$, ce qui fera voir qu'il faudroit que le tuyau de pompe fût aſſez grand pour élever le piſton juſques à 19 pieds $\frac{1}{5}$ au deſſus de douze pieds pour faire monter l'eau juſques à 12 pieds par un ſeul coup de piſton ; mais ſi le jeu du piſton étoit limité à 2 pieds, on dira ; comme 32—A eſt à 32, ainſi 12—A eſt à 14—A, le 1er terme eſt le complément de la hauteur inconnuë où montera l'eau, à 32 pieds d'eau qui eſt le poids de l'Atmoſphere, le 3e terme eſt les 12 pieds moins cette hauteur, & le 4e eſt les 2 pieds où le piſton

s'éleve joint aux 12 pieds moins la même hauteur : Or le produit de 14—A par 32—A eſt 448—46 A + A A, & le produit des deux termes du milieu eſt 384—32 A, l'équation étant reduite il y aura égalité entre A A & 14 A—64, & parce qu'on ne peut ôter de 49 quarré de 7 moitié des racines, 64, c'eſt une marque qu'en continuant de pomper on fera monter à pluſieurs fois l'eau juſques au piſton ; & pour ſçavoir combien elle montera au 1er coup, il faut ſuppoſer que le piſton ſoit élevé de deux pieds : il y aura donc un tuyau uniforme de 14 pieds. Et ſuivant ce qui a été dit dans l'Eſſay de Logique & le Traité de la nature de l'air, on fera ce calcul. L'air enfermé étoit de 12 pieds, 12 pieds + A eſt à A, comme 32 à 2 - A, l'équation étant reduite on trouvera que A A ſera égala 24—42 A ; & enfin que la valeur de la racine ſera un peu moins de $\frac{4}{7}$ laquelle ôtée de 2 reſtera 1 $\frac{3}{7}$ un peu plus ; & par conſequent l'eau ne montera par le 1er coup de piſton, qu'à un pied $\frac{3}{7}$ un peu plus.

Si on avoit ſuppoſé le jeu du piſton d'un pied, on ſçauroit par le même calcul juſques où l'eau s'éleveroit par le 1er coup de piſton ; & ſi l'on veut ſçavoir juſques où elle peut s'élever aprés pluſieurs coups, il faut dire comme 32—A eſt à 32, ainſi

douze—A est à 13—A, l'équation étant réduite on trouvera 13 A 32 égal à A A le quarré de 6 $\frac{1}{2}$ moitié des racines est 42 $\frac{1}{4}$, dont ôtant 32 reste 10 $\frac{1}{4}$, dont la racine est 3 & $\frac{5}{24}$ un peu moins, ôtez-la de 6 $\frac{1}{2}$, reste 3, & $\frac{7}{24}$ ajoûtez-la à 6 $\frac{1}{2}$, ce sera 9 $\frac{17}{24}$, & ces nombres 3 $\frac{7}{24}$ & $\frac{17}{24}$ seroient les 2 racines; ce qui fera voir que jamais l'eau ne peut monter quand le tuyau est vuide, qu'à trois pieds & $\frac{7}{24}$ un peu plus, encore qu'on faſſe joüer le piſton tant qu'on voudra; mais que ſi l'on avoit remply le tuyau juſques à 9 pieds $\frac{18}{24}$ on acheveroit de faire monter l'eau juſques aux 12 pieds par pluſieurs coups de piſton.

Suppoſons maintenant que le tuyau juſques au piſton ſoit de 14 pieds, & que le jeu du piſton ſoit de 2 pieds, 32—A ſera à 32 comme 14—A à 16—A. Pour trouver facilement l'équation, il faut multiplier 32 par deux difference de 14 & de 16; le produit eſt 64 pour le nombre abſolu, & de 16 A ſera le nombre des racines, & A A ſera égal à 16 A—64; le quarré de la moitié des racines eſt 64, dont ôtant 64, reſte zero, dont la racine eſt zero, qui ôté & ajoûté à 8, fait toujours 8, ce qui marque qu'il n'y a qu'une racine & que l'eau ne peut monter qu'à 8 pieds; mais que ſi peu qu'on faſſe joüer le piſton plus haut que les deux pieds, l'eau montera juſques

& 24 pieds. L'analogie eſt facile, car le piſton étant monté à 2 pieds, le tuyau ſera de 16 pieds, & l'eau étant à huit pieds, il reſtera 6 pieds d'air ; mais 32 eſt à 24 complément de 8 pieds à 32, comme huit pieds d'air dilaté à 6 pieds d'air commun : donc l'eau ne montera pas plus haut que les 8 pieds ſi le piſton ne joüe que de 2 pieds.

De là on voit que pour faire monter de l'eau par aſpiration à une hauteur conſiderable comme de 20 pieds, il faut diminuer le tuyau de pompe de largeur & donner un jeu ſuffiſant au piſton : car ſuppoſé que la ſurface du piſton ſoit 4 fois plus large que la baſe du tuyau, un pied d'élevation du piſton en vaudra 4 ſi le piſton n'étoit pas plus large : ſi donc le jeu eſt d'un pied & demy, ce ſera de même que ſi on l'élevoit à 6 pieds étant de même largeur : Or les 4 termes de l'équation étant de 32—A, 32, 20—A, 26—A ; il y aura 6 fois 32 ſçavoir 192 pour un terme de l'équation & l'autre 26 A ſuivant ce qui vient d'être dit ; ce ſera donc A A égal à 26 A moins 192, le quarré de la moitié des racines eſt 169 moindre que 192 ; & par conſequent en pompant long-temps, on fera monter l'eau juſques à 20 pieds.

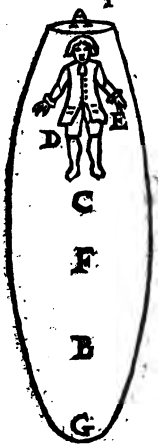
Si dans l'exemple cy-deſſus on prend les 8 pieds pour le plus haut terme de l'eau ;

quand le tuyau eſt de 14 pieds & le jeu du piſton 2 pieds, il eſt aiſé de prouver que ſi l'on ſuppoſe 9 pieds d'eau ſur la ſouſpape, elle achevera de monter par le jeu du piſton à 2 pieds ; car il reſtera 5 pieds d'air. Or il y a moindre raiſon de 5 à 7 que de 27 complément de 5 à 32, à 32 ; & par conſequent l'eau montera plus haut que les 9 pieds. La proportion ſera toujours plus inégale en prenant 10 pieds ou 11 pieds, & ſi l'on prend 7 pieds au lieu de 8 pieds, l'eau montera encore, car il reſtera 7 pieds d'air ; or 25 complément de 7 à 32 eſt à 32 comme 7 à $8\frac{24}{25}$; donc ſi le piſton va juſques à 2 pieds il fera monter l'eau plus haut que les 7 pieds ; elle montera encore plus aiſément ſi on n'en verſe que juſques à 6 pieds : Car il y aura 8 pieds d'air : Or 26 complément eſt à 32 comme 8 à $9\frac{22}{26}$; donc ſi au lieu de $9\frac{22}{26}$ qui fait l'équilibre, le piſton va juſques à 10 pieds, il fera encore mieux monter l'eau que quand elle étoit à 7 pieds, & encore mieux quand elle ſera à 5 pieds &c. Si on vouloit ſçavoir quel jeu de piſton ſeroit neceſſaire pour faire monter l'eau à 30 pieds, il faut prendre un nombre un peu plus grand que la moitié de 30 comme 16 où ſera à peu prés la plus grande difficulté d'élever l'eau, le complément eſt 16, le reſte de l'air eſt 14, comme ſeize à 32,

ainſi 14 à 28 : il faudra donc que le piſton s'éleve de 14 pieds, ou que ſi le tuyau a 2 pouces de diametre, celuy du piſton ſoit de 7 pouces $\frac{1}{2}$; car le quarré de $7\frac{1}{2}$ eſt 56 $\frac{1}{4}$ qui eſt un peu plus que 14 fois 4 quarré de 2 pouces, & alors il ſuffira que le jeu du piſton ſoit d'un pied ; mais comme à 18 pieds l'élevation eſt encore plus difficile, il faudra 8 pouces de diametre au piſton afin que ſon jeu étant d'un pied, il éleve l'eau plus haut que les 18 pieds. On explique facilement par la même force du reſſort de l'air l'experience ſuivante, qui eſt aſſez curieuſe :

Ayez un tuyau A G fermé par embas large d'environ 12 ou 15 lignes, mais un peu plus étroit vers A, afin qu'on le puiſſe fermer exactement avec le pouce ; empliſſez-le d'eau & y mettez quelque petite figure de verre ou de cuivre creuſe au dedans & percée comme en D d'un petit trou à mettre une épingle afin que l'air & l'eau y puiſſent entrer, & que ſa peſanteur à l'égard de l'eau ſoit ſi bien proportionnée, que ſi on ajoûte un petit poids elle aille au fond, & que ſi on l'ôte elle nage au dedans comme de la cire. Appliquez le doit ſur le bout ouvert A & le preſſez bien fort, la petite figure deſcendra juſques en B ou plus bas & juſques au fond ; relevez le pouce, elle remontera ; & ſi

étant remontée comme en E ou C, on remet le pouce elle recommencera à descendre. La cause de ces effets, est que lorsqu'on presse l'eau avec le pouce on presse aussi l'air qui est dans la figure, & on le condense quoy qu'on ne condense pas l'eau, & par consequent on fait entrer un peu d'eau dans la figure par le petit trou D, ce qui fait que sa pesanteur specifique est alors plus grande que celle de l'eau, & elle descend : Mais lorsqu'on leve le pouce, l'air enfermé repousse l'eau par ce même trou



par la vertu de son ressort qui est mis en liberté, & reprenant sa dilatation, la figure avec l'eau & l'air enfermé, reprend sa premiere disposition & remonte. Que si on leve le pouce bien vîte, une petite partie de l'air sortira soudainement avec l'eau par le petit trou ; & l'un & l'autre fera par son choq contre l'eau du tuyau, pirouëtter la figure. Il arrive quelquefois qu'il sort trop d'air de la figure, & qu'étant au fond elle ne peut remonter quoy qu'on ait levé le pouce, alors il faut plonger le

pouce bien avant dans le tuyau & le retirer enſorte qu'il rempliſſe le canal exactement, afin qu'il n'y entre point d'air exterieur en la place du pouce ; & il arrivera que l'air de la figure étant alors beaucoup moins preſſé ſe dilate beaucoup plus qu'à l'ordinaire, & fait ſortir plus d'eau par la petite figure ; ce qui la rendra plus legere & la fera monter en haut pourvû qu'on tienne toujours le pouce dans le tuyau ſans l'ôter entierement : Quelquefois le poids de la figure & de l'air qui y eſt enfermé eſt ſi bien proportionné à la peſanteur ſpecifique de l'eau, qu'en mettant le pouce en A, la figure deſcend comme juſques en F, & en rélevant le pouce elle remonte ; mais ſi on la fait deſcendre comme juſques en B & qu'on leve le pouce, elle acheve de deſcendre ; ce qui procede de ce que le poids de l'eau A C. ne preſſe pas aſſez l'air de la petite figure pour y faire entrer de l'eau ſuffiſante pour la rendre d'une peſanteur ſpecifique égale à celle de l'eau, & que le poids de l'eau A B. preſſe aſſez l'air pour cet effet ; ce qui la fait deſcendre juſques au fond où le poids de l'eau étant encore plus grand, fait condenſer l'air de la petite figure plus qu'auparavant, & y fait entrer un peu plus d'eau : d'où il arrive qu'on a plus de peine à la faire remonter. De là on voit l'er-

reur de ceux qui croyent que l'eau & l'air ne pesent rien sur les corps qui sont au dessus, & le jugent ainsi parce que nous ne sentons point le poids de l'air. Mais il faut considerer que nôtre corps est disposé naturellement pour la pression de l'air telle qu'elle est icy-bas ; c'est pourquoy nous n'en souffrons aucune incommodité. Mais si nous étions transportez en un air deux fois plus rarefié, la matiere aërienne qui seroit dans nôtre sang & dans les autres parties de nôtre corps qui sont fort chaudes, se remetteroit en air & feroit des boüillonnemens qui enfleroient nôtre corps & nous seroient tres-incommodes. On en voit l'experience quand on enferme un oyseau dans la machine du vuide ; car quand on a reduit l'air à une dilatation double ou triple, de celle qu'il a prés de la terre, l'oyseau meurt en peu de temps à cause que son sang chaud n'étant plus pressé par le ressort ordinaire de l'air, jette quantité de bulles de même que l'eau chaude qu'on y enferme en même temps : Que si au contraire on étoit dans un air qui fût doublement condensé, on en souffroit beaucoup quoy qu'on eût de la peine à ressentir son pressement ; parce que si d'un côté il pressoit la poitrine pour empêcher la respiration, d'autre côté l'air qui y entreroit par la respiration ayant un ressort

reſſort empêcheroit l'action de l'air externe : D'où il s'enſuit que ceux qui vont 7 ou 8 pieds ſous l'eau n'en doivent reſſentir aucun poids ſenſible, parce qu'elle les preſſe également de tous côtez, & que le poids de l'Atmoſphere étant égal au poids de 32 pieds d'eau, ces huit pieds ajoûtez n'augmentent la preſſion que d'environ $\frac{1}{4}$, ce qui ne peut être bien ſenſible. Quelques-uns objectent contre ces raiſonnemens & ces effets du reſſort de l'air, que lorſqu'on ſe ſert d'un tuyau percé par les deux bouts pour faire les experiences de l'air enfermé au deſſus du mercure, & que quelqu'un ferme le bout ſuperieur du tuyau avec le doigt pour empêcher la communication de l'air avec celuy qui eſt enfermé, il arrive que lorſqu'on fait l'experience, il ſemble à celuy qui ferme le bout ſuperieur, que ſon doigt ſoit comme ſucé & attiré par le mercure qui deſcend, & même il en reçoit de la douleur comme d'un pincement ; d'où ils concluënt que l'air dilaté dans le tuyau ne fait pas effort pour ſoûtenir une partie de l'air de l'Atmoſphere, puiſqu'il s'appuyeroit contre ce doigt & le pouſſeroit plûtôt que de l'attirer. Pour ſatisfaire à cette difficulté il faut conſiderer que lorſqu'on enferme quelques corps comme une pomme ridée dans les machines du vuide, & qu'on a pompé une

grande partie de l'air qui y étoit enfermé ; ces corps s'enflent & se dilatent, & que si on y avoit enfermé la moitié du doigt par le moyen d'une vessie couppée par les deux bouts ou par quelqu'autre moyen ; cette partie du doigt s'enfleroit extrêmement & on y sentiroit beaucoup de douleur ; d'où il suit que la partie du doigt qui ferme le bout superieur du tuyau du barometre étant contiguë à de l'air beaucoup dilaté, & le reste étant pressé par tout le poids de l'Atmosphere, cette petite partie doit s'enfler & faire une grande convexité vers l'interieur du tuyau, ce qui ne se peut faire sans douleur ; & plus l'air sera rarefié dans le tuyau, plus cette enflure & cette douleur sera sensible, & le foible repoussement de cet air rarefié ne sera pas suffisant pour empêcher cette enflure du bout du doigt puisque le reste qui est dans l'air libre sera beaucoup plus pressé.

On peut encore objecter que quand il y a 28 pouces de mercure suspendu dans le tuyau, si on le soûleve sans le mettre hors du mercure, le vaisseau en sent un poids égal à celuy du mercure enfermé, ce qui ne devroit point être s'il faisoit équilibre avec le poids de l'Atmosphere. On répond à cette difficulté, en disant que l'air superieur qui est au dessus du tuyau n'a point alors d'autre air qui luy fasse équilibre ; car ce-

luy qui devroit la soûtenir au dessous du tuyau soûtient le mercure qui y est : donc on doit soûtenir tout le poids de l'air superieur qui pese 28 pouces de mercure ; & si le tuyau n'étoit que de quatorze pouces & que le mercure y demeurât jusques au haut, alors on ne sentiroit que quatorze pouces de mercure de poids, parce que l'air qui s'appuye sur le mercure du petit vaisseau soûtiendroit ces 14 pouces, & feroit encore effort de 14 pouces vers le haut du tuyau interieurement : ainsi il feroit équilibre avec la moitié du poids superieur de l'air, & la main soûtiendroit le reste.

La flâme peut faire aussi équilibre par son ressort avec les autres corps ; mais comme il n'y a que la flâme de la poudre à canon qui puisse soûffrir d'être comprimée sans s'éteindre, & que cette flamme dure tres-peu de temps, il est difficile de faire des experiences de son équilibre ; & la force de son ressort est si grande, qu'on n'a pû encore trouver de poids si grand qu'elle ne surmonte, puisqu'elle peut renverser des Bastions entiers & même des Montagnes.

Pour entendre comme se fait un si grand effort, on peut supposer qu'il y ait une certaine quantité de poudre allumée qui rempliſſe un tuyau assez large situé perpendiculairement & qu'un grand poids dont la largeur occupe & remplit precisé-

ment celle du tuyau en preſſant la flamme de cette poudre, la faſſe reſſerrer juſques à ce qu'étant reduite à un petit eſpace il ſe faſſe équilibre entre ce poids & le reſſort de la flâme, ſans qu'elle s'éteigne; ce qu'on peut concevoir ſe faire pendant l'eſpace d'une ſeconde, & en cet état le reſſort de cette flâme feroit équilibre avec le poids, enſorte que ſi le poids étoit augmenté, cette même flâme ſe reduiroit à un plus petit eſpace ſuppoſé qu'elle ne s'éteignît point; & ſon reſſort qui ſeroit alors plus fort, feroit encore équilibre avec ce plus grand poids. Or ſi on conçoit qu'en ce moment il s'allume quelque quantité de nouvelle poudre, le reſſort de la flâme ſera augmenté, & le poids ne pouvant plus faire équilibre ſera pouſſé en haut, & étant une fois en mouvement la continuation de l'extenſion du reſſort de la flamme qui ſe developpera & s'étendra de plus en plus, accelerera ſon mouvement de plus en plus, & enfin le pouſſera juſques bien haut dans l'air.

Celá ſuppoſé il eſt aiſé de concevoir que ſi l'on met 10 ou 12 milliers de poudre dans une mine, & que toute cette poudre étant allumée puiſſe occuper une eſpace de 200 pieds de hauteur & de 100 pieds de largeur, il arrivera qu'il s'en allumera au commencement une petite quantité qui ne ſera pas ſuffiſante pour enlever tout le

Baſtion : Mais parce que cette flâme a la proprieté de ne point s'étouffer pour être preſſée, il s'en allumera 30 ou 40 fois davantage que ce qu'en pourroit tenir la chambre de la mine ſi elle étoit découverte ; & alors ſi ſon reſſort eſt aſſez fort, elle commencera à élever la terre qui eſt au deſſus, laquelle étant une fois en mouvement & le reſte de la poudre continuant à s'enflâmer & rempliſſant l'eſpace que la terre a quitté en commençant à s'élever, en ſorte que ſon reſſort ſoit encore plus fort que le poids de la terre qui eſt déja en mouvement ; elle accelerera ſa viteſſe de plus en plus, & pouſſera enfin le Baſtion en haut & à côté, ou du moins une partie, juſqu'à ce que toute la flâme ait acquis l'étenduë qui luy eſt naturelle dans l'air libre.

Un peu de poudre fait de ſemblables effets dans les canons ; car elle s'allume ſucceſſivement, quoy qu'en tres-peu de temps ſans pouſſer le boulet juſques à ce que le reſſort de la flâme preſſée ſurmonte la reſiſtance du boulet ; & lorſqu'elle a commencé à l'émouvoir, le reſte de la poudre qui s'allume promptement, augmente ſon reſſort & accellere la viteſſe du boulet juſques à le pouſſer à 7 ou 800 toiſes.

De là on voit qu'un canon de 20 pieds doit porter ſon boulet plus loing qu'un de 10 pieds parce que la poudre a plus de

temps pour s'allumer & augmenter son ressort pendant que le boulet parcourt ces espaces.

On voit aussi que si un gros de poudre allumée a la force d'ébranler un boulet qui ne soit pas bien joint au canon, il ne sera pas poussé si loin que s'il étoit bien bouré & pressé avec du liege ou autres choses qui l'empêchât d'être mis en mouvement jusques à ce qu'il y eût 2 ou 3 gros de poudre allumée : car en ce dernier cas le commencement de son mouvement seroit plus vîte & son acceleration plus grande.

Par la même raison la poudre étant bien fine & facile à être enflâmée poussera le boulet plus loin que si elle est grossiere, parce qu'il s'en allume davantage pendant que le boulet est dans le canon.

TROISIE'ME DISCOURS.

De l'Equilibre des corps fluides par le choq.

LA flâme peut faire équilibre par son choq avec des poids ; on peut en mesurer la force, si en la faisant sortir par un tuyau assez large on la fait choquer contre les aîles d'une roue située horizontalement, pourvû que ces aîles soient toutes

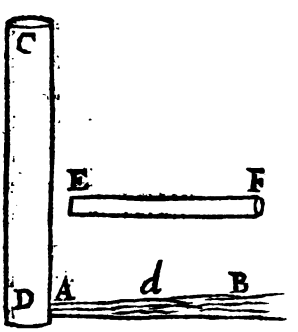
situées obliquement en un même sens comme celles des moulins à vent. On se sert en plusieurs lieux de la flâme qui monte dans les cheminées, pour faire tourner quelques petites machines auprés du feu; plus le feu est grand, plus le mouvement de la flâme est vîte : Mais ce mouvement ne peut être augmenté beaucoup par l'art, & son choq n'a pas beaucoup de force ; une fusée-volante s'éleve par le choq de sa flâme contre l'air, mais si elle pese trop elle ne peut s'élever, ainsi on peut mesurer son équilibre. La flâme du tonnerre qui va fort vîte fait des efforts tres-considerables : Car elle renverse des Tours & des Rochers, la viteſſe de la flâme augmente aussi la force de brûler, comme on le remarque souvent dans les incendies quand le vent est tres-grand. On en voit aussi des effets tres-sensibles quand les Emailleurs soufflent le feu de leurs lampes contre du verre ou contre des métaux pour les fondre : Mais parce que la flâme ne se gouverne pas facilement pour demeurer dans une même viteſſe ou dans une même largeur, & qu'il coûteroit trop pour l'entretenir, on s'en sert tres-rarement dans les machines ; c'est pourquoy il n'est point neceſſaire d'examiner icy sa force ny de la comparer avec celles des autres corps fluides.

L'air & l'eau ſont employez dans les machines pour les faire mouvoir par leur choq. On peut connoître l'équilibre qu'ils font entre-eux & avec les corps fermes qu'ils choquent, par les Regles ſuivantes.

I. REGLE.

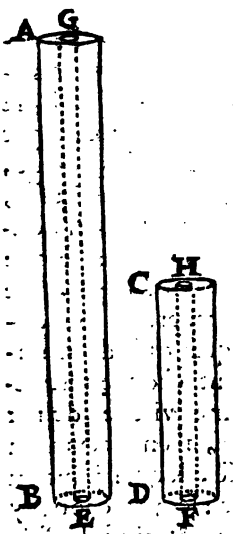
LEs jets-d'eau ne choquent pas par l'effort de toutes leurs parties comme les corps fermes.

EXPLICATION.



A B eſt un jet d'eau ſortant du cylindre C D, & E F eſt un cylindre de bois; il eſt manifeſte que les parties qui compoſent E F étant liées & unies enſembles, elles font toutes enſemble leur effort en choquant un corps par l'extremité F; mais un jet d'eau comme A B étant porté ſelon la direction A d B, ne peut agir que par ſes premieres parties: Car l'eau étant fluide & comme compoſée d'une

d'une infinité de petits corpuscules qui gliſſent les uns ſur les autres ; comme feroient de tres petits grains de ſable ; il n'y a que les premiers vers B, qui puiſſent faire le premier effort ſur les corps qu'ils rencontrent, & ils ſe refléchiſſent ou s'écartent avant que les autres qui ſont comme en *d* ayent choqué à leur tour. Pour bien entendre cecy, il faut conſiderer que la viteſſe qu'a l'eau à la ſortie d'une petite ouverture faite au bas d'un tuyau fort large, eſt bien differente de la viteſſe de celle qui ſort par un tuyau d'égale largeur par tout : dautant qu'en ce dernier cas elle commence à ſortir avec une viteſſe tres-petite & pareille à celle d'un cylindre de glace qu'on laiſſeroit tomber : Car ſoit un tuyau uniformément large AB plein d'eau ſoûtenuë en B avec le doigt ; il eſt évident que la même viteſſe que prend l'eau B à la ſortie, eſt égale à celle qui eſt en A, & que tout le cylindre d'eau tombe tout



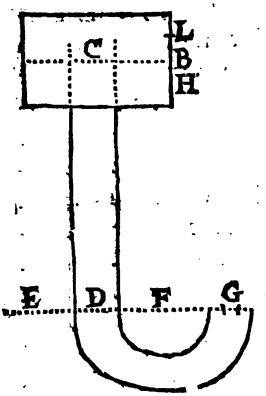
d'une piece ; comme s'il étoit solide ; & par conſequent il ſuit les mêmes regles à l'égard de la viteſſe de la chute, qu'un cylindre de glace de même volume ; à ſçavoir que commençant par une viteſſe tres-petite, elle s'augmenteroit en deſcendant ſelon les nombres impairs 1. 3. 5. 7. &c. C'eſt à dire que ſi en un quart de ſeconde elle deſcendoit d'un pied, le quart ſuivant elle deſcendroit de trois pieds, dans le troiſiéme de cinq pieds, &c. D'où il s'enſuit que l'eau qui étoit en A, étant arrivée en B, ſortira bien plus vîte que celle qui ſort la premiere.

Galilée a parlé bien au long de l'acceleration de la viteſſe des corps qui tombent dans l'air libre ; voicy comme je la conçois. S'il y a quelque corps tres-leger qui choque un corps 100 fois plus peſant, il luy donnera la 100e partie de ſa viteſſe, & le choquant une 2eme fois, il luy en donnera encore une autre 100e, enſorte que ſi le corps choquant avoit 101 degrez de viteſſe, le corps choqué en prendra un degré au 1er choq, & ſa quantité de mouvement ſera 100, & étant choqué une ſeconde fois avec la même viteſſe de 101 degrez par le corps leger, il en recevra un nouveau degré de viteſſe, lequel joint au premier ſera deux degrez : le 3eme choq luy ajoûtera encore un degré, & ainſi de ſuite

re, comme il a été prouvé dans le Traité du choq des corps. La même chose arrivera si quelque puissance foible tire à soy un corps tres-pesant, le tirant par repriſes. Or soit que les corps soient tirez ou poussez par une matiere fluide tres-legere, il doit arriver que si au premier moment de son effort il passe une ligne par une viteſſe uniforme, qu'au 2eme choq & au 2eme moment il en passera 2, au 3eme moment 3 &c.

Or si l'on prend plusieurs nombres de suite, commençant à l'unité, comme 1. 2. 3. 4. &c. jusques à 20, & qu'on compte 20 momens; la somme de cette progreſſion sera 210; & si on compte 40 momens, selon la même progreſſion jusques à 40, la somme de ces derniers nombres sera 820, qui est quadruple à peu prés de 210 somme des 20 premiers nombres: mais à l'infiny cette derniere somme sera quadruple de la premiere preciſément, parce que la proportion du défaut diminuë toujours; ce que Galilée a aussi conclu dans son Traité de l'acceleration du mouvement des corps qui tombent. Mais si le mouvement se fait au travers d'un corps fluide fort pesant, l'acceleration sera bien-tôt arrêtée, & le corps tombant reduit à une viteſſe uniforme; comme aussi si c'est un corps fort leger qui tombe par l'air libre, ainsi qu'il a été prouvé dans le Traité de la Percuſſion.

On peut juger encore de la lenteur de la sortie des premieres gouttes d'eau, lors que les tuyaux sont uniformément larges, par l'experience suivante. Ayez un tuyau recourbé de 2 ou 3 pieds de hauteur comme C D G d'égale largeur par tout, versez de l'eau par C jusques à ce qu'elle coule par G, fermez le bout G, & achevez d'emplir le tuyau jusques à C, mettez ensuite l'autre doigt sur ce bout, & ouvrez le bout G, l'eau ne coulera point si le tuyau n'a que 3 ou 4 lignes de largeur; levez le doigt qui ferme le bout C, & le remettez tres-promptement, l'eau ne jaillira par G qu'à 4 ou 5 lignes de hauteur, au lieu que si le tuyau C D est beaucoup plus large que l'ouverture G, par exemple s'il a 9 lignes de largeur, & l'extremité 2 ou 3 lignes, & que vous ouvriez & refermiez avec la même promptitude la petite ouverture en G, les gouttes d'eau qui sortiront par G, jailliront jusques à fort prés de la hauteur C. Vous connoîtrez



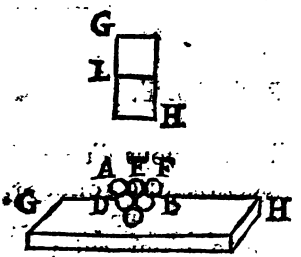
encore la même lenteur de l'eau à sa premiere sortie du tuyau, comme A B en la figure page 189, & son acceleration, si vous empliſſez d'eau ce tuyau, & si la soûtenant avec un doigt, vous soûtenez auſſi une petite pierre avec un autre doigt de la même main: car en tirant la main tout-à-coup vous verrez deſcendre la pierre & le bas de l'eau avec une même viteſſe juſques à 12 ou 15 pieds.

On fait encore une experience fort curieuſe pour la preuve de cette regle, en la maniere qui s'enſuit.

Ayez un long tuyau de 8 ou 10 pieds de hauteur comme M N en la figure ſuivante de la 2eme regle marquée 2, le plus poly & le plus égal en dedans qu'on pourra, plein d'eau, laquelle on ſoûtiendra avec le doigt & on la laiſſera couler tout-à-coup ſur l'extremité de la regle Q R prés du point R, laquelle regle ſervant de balance doit être horizontale & appuyée par l'autre bout ſur un ſoûtien comme O V, & le point R doit être éloigné ſeulement de 5 ou 6 lignes de la baze du tuyau par où l'eau coule; c'eſt-à-dire une ligne de plus que l'épaiſſeur du doigt qui ſoûtient l'eau; alors ſi à l'autre extremité Q il y a un poids Q plus petit d'un quart ou d'un cinquiéme, que le poids de toute l'eau du cylindre, ce poids Q ne s'élevera

point au commencement de la chute de l'eau quoy qu'il semble que toute l'eau pese sur R, mais seulement lorsque le tuyau sera presque vuide ; ce qui fait voir que ce sont seulement les premieres parties de l'eau qui font l'impression, & que lorsqu'elles sortent tres-lentement, comme elles font au commencement de leur chute, elles ne peuvent élever qu'un poids bien moindre que le poids de tout le cylindre : Mais que lorsqu'elles ont acquis une grande viteſſe en tombant depuis la hauteur M, celles qui reſtent, élevent par leur grand choq, ce que les premieres ne pouvoient élever par leur petit choq au commencement de leur chute. Que ſi on éleve le même tuyau deux ou trois pieds au deſſus de R, & qu'on y laiſſe de l'eau au fond ſeulement d'un pouce de hauteur, ſi le tuyau a ſept ou huit lignes de largeur, elle fera moins d'impreſſion en tombant ſur R pour élever un poids en Q, qu'une boulette de cire ou de bois moins peſante de la moitié tombant de pareille hauteur ; ce qui fait voir que la boulette fait ſon impreſſion par toutes ſes parties, & l'eau d'un pouce de hauteur ſeulement par les plus proches de ſa premiere ſurface qui choque la balance, & qui ſont un peu aidées par les plus éloignées qui coulent à côté. Car quoy que l'eau n'a-

gisse pas en choquant par toutes ses parties, & qu'il soit difficile de determiner jusques à quelle hauteur de l'eau on les doit prendre ; il est pourtant tres-vray-semblable que les premieres qui tombent, agissent le plus, & celles qui sont un peu plus haut jusques à deux ou 3 lignes, un peu moins, & même jusques à 5 ou 6 lignes, comme il arriveroit à 5 ou 6 petits grains de sable contigus, A E F D B tombant sur la regle G H d'une certaine hauteur, n'étant pas tous en la même ligne perpendiculaire, les deux D & B ne laisseroient pas de contribuer un peu au choq du premier, quoy qu'ils ne le fissent pas de tout leur poids & de toute leur viteſſe n'étant pas dans la même ligne de direction, les plus hauts A E F y contribuënt aussi un peu, & feroient que la regle seroit choquée plus fortement que s'il n'y avoit que les seuls B & D.



Or l'eau étant composée d'une infinité de petits corpuscules contigus beaucoup plus petits que de tres petits grains de sable qui roulent & qui glissent fa-

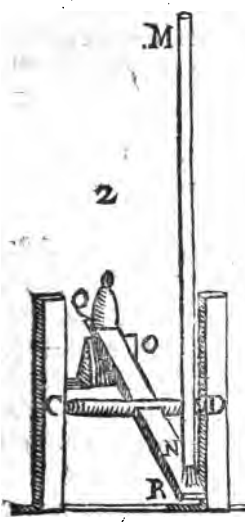
cilement les uns contre les autres, un petit cylindre d'eau comme G H choquera un peu plus fort qu'un moindre L H, puiſqu'il y aura plus de petits corpuſcules poſez directement les uns ſur les autres en la hauteur G H, qu'en la moindre L H.

II. REGLE.

L'Eau qui jaillit au deſſous d'un reſervoir par quelque ouverture ronde, fait équilibre par ſon choq avec un poids égal au poids du cylindre d'eau qui a pour baſe cette ouverture, & pour hauteur celle qui eſt depuis le centre de l'ouverture juſques à la hauteur de la ſurface ſuperieure de l'eau.

On demontre cette propoſition, & en même temps la force du choq de l'air en cette ſorte: A B C D eſt un cylindre creux dont les deux baſes A D, B C ſont de bois, & le

reſte de cuir, ſoûtenu & étendu par pluſieurs cerceaux de bois ou de fil de fer FE, HI, LM, en ſorte qu'on puiſſe faire abaiſſer la baſe AD fort prés de la baſe BC qu'on ſuppoſe inébranlable; N eſt une ouverture faite dans la baſe BC, par où l'air enfermé dans le cylindre peut ſortir; ce cylindre eſt chargé d'un poids P poſé ſur la ſurface AD, & l'on ajuſte au deſſous de ce cylindre une balance comme celle de la figure marquée 2, en-



ſorte que la regle QR étant ſituée horizontalement, le point R qui eſt proche de ſon extremité, ſoit fort prés de l'ouverture N, & directement au deſſous de ſon centre: Cela étant, je dis que ſi l'on met un poids Q ſur l'autre extremité de la balance dont l'eſſieu CD eſt ſuppoſé tourner facilement ſur les points C & D, & que l'air que le poids P en deſcendant fait ſortir avec violence par l'ouverture N, choquant l'extremité de la balance vers R,

faſſe équilibre avec le poids Q ſuppoſé également diſtant de l'eſſieu C D, ce poids ſera au poids P en même raiſon que la ſurface de l'ouverture N eſt à la ſurface entiere de la baſe B C : Car ſi par le moyen d'un ſoufflet dont le tuyau ait ſon ouverture égale à l'ouverture N on pouſſe de l'air contre cette ouverture avec une force égale à celle de l'air que le poids P fait ſortir, il ſe fera équilibre entre ces deux forces, & le poids P ne deſcendra point parce qu'il ne ſortira point d'air par l'ouverture ; & alors l'air pouſſé par le ſoufflet rempliſſant cette ouverture ſoûtiendra ſa part du poids P, comme les autres parties de la baſe B C ſoûtiennent le reſte de ce poids, & la partie que l'air pouſſé ſoûtiendra ſera au poids entier P dans la proportion de l'ouverture N à la largeur entiere de la baſe B C ; donc reciproquement l'air ſortant par cette ouverture aprés qu'on aura ôté le ſoufflet, ſera équilibre par ſon choq avec un poids qui ſera au poids P comme l'ouverture N eſt à la baſe B C. Que ſi l'on ferme l'ouverture N, & qu'on en ouvre une autre de même largeur tout auprés de la baſe A D comme au point K, l'air en ſortira avec la même viteſſe que par l'ouverture N, ſi la baſe A D eſt chargée du même poids P, & ſera équilibre avec un même poids par ſon choq.

Que ſi le cylindre eſt chargé ſucceſſivement de divers poids pour faire deſcendre plus ou moins vîte la ſurface A D, l'air qui ſortira par l'ouverture N, ſera équilibre par ſon choq avec des poids qui ſeront l'un à l'autre en même raiſon que les poids qui chargent ſucceſſivement la baſe A D: La raiſon eſt que la proportion du grand poids P au petit qui fait équilibre, eſt toujours la même que celle de la baſe B C à l'ouverture N; d'où il s'enſuit que les petits poids ſeront l'un à l'autre en même proportion que les grands poids qu'on mettra de ſuite ſur la ſurface A D. Que ſi l'on emplit d'eau le même cylindre, le jet qui ſe fera par l'ouverture K par l'effort du poids P, ſera le même effet que l'air; c'eſt-à-dire qu'il ſera équilibre par ſon choq avec un poids qui ſera au poids P comme l'ouverture K à toute la baſe B C; parce qu'alors le poids de l'eau enfermée ne contribuëra rien de ſenſible à la force du jet, puiſqu'elle eſt preſque toute au deſſous; & que ſi un jet d'eau de même largeur & de même viteſſe choquoit directement en K celuy qui ſort par cette ouverture, il l'arrêteroit & feroit équilibre avec luy, & ſoûtiendroit une partie du poids P ſelon la proportion de l'ouverture K à la ſurface B C; d'où il s'enſuit un paradoxe aſſez ſurprenant, ſçavoir,

que l'air & l'eau qui ſortent ſucceſſivement par la même ouvertute K quelque poids qu'on mette ſur la baſe A D, élevent les mêmes poids par leur choq, quoy que l'eau ſoit d'une matiere beaucoup plus denſe & plus peſante que celle de l'air : Mais il arrive auſſi en recompenſe que l'air fort beaucoup plus vîte que l'eau ; car on a trouvé par pluſieurs experiences, que quand le cylindre eſt plein d'air, il ſe vuide en un temps environ 24 fois moindre que quand il eſt plein d'eau.

Par exemple, ſi l'air ſe vuide en 2 ſecondes, l'eau ne ſe vuidera qu'en 48 ſecondes ; d'où l'on peut conclure qu'afin qu'un jet d'air faſſe le même effet par ſon choq qu'un jet d'eau de pareille largeur, il faut que ſa viteſſe ſoit environ 24 fois plus grande que celle de l'eau.

Or le même effet doit arriver, ſi ABCD eſt un vaiſſeau cylindrique plein d'eau, & découvert par le haut : Car l'eau qui doit jaillir par l'ouverture N, étant arrêtée par un autre jet qui la rencontre directement au point N, ce jet ſoûtiendra une partie de l'eau de tout le cylindre ; ſçavoir le cylindre qui a pour baſe l'ouverture N, & le reſte de la baſe ſoûtiendra le reſte de l'eau : Donc ce jet étant ôté, le jet qui ſortira par l'ouverture N, fera équilibre par ſon choq à un poids qui

ſera égal au poids de ce petit cylindre qui a pour baſe l'ouverture N & la hauteur égale à A B, ſi le cylindre ABCD eſt tout remply.

III. REGLE.

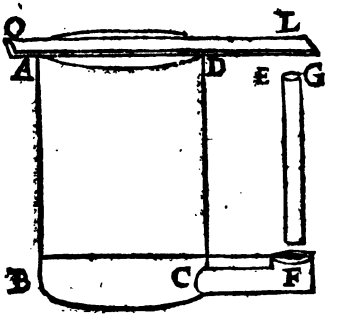
LEs jets d'eau égaux en largeur, qui ſortent par des petites ouvertures faites au bas de pluſieurs tuyaux pleins d'eau de differentes hauteurs, ſont équilibre avec des poids qui ſont l'un à l'autre en la raiſon des hauteurs des tuyaux.

EXPLICATION.

SOit un grand tuyau A B & un plus petit C D, percé aux points E & F d'ouvertures égales, il a été montré cy-devant que l'eau jailliſſant par l'ouverture E fera équilibre avec un poids égal au poids du cylindre d'eau E G, & que le jet qui ſort par F fera équilibre avec un poids égal au poids du cylindre d'eau F H : Or ces petits cylindres ayant des baſes égales par l'hypotheſe auront leurs poids en la raiſon de leurs hauteurs : D'où il s'enſuit que les poids avec leſquels ces jets feront équilibre, ſeront entr'eux comme les hauteurs A B, C D ; par conſequent il eſt évident que la premiere viteſſe d'un jet en ſortant doit être telle que la premiere

(*Figure de la page 169*)

goutte d'eau qui ſort ſoit diſpoſée à s'élever auſſi haut que la ſurface ſuperieure de l'eau : Car ſuppoſé que l'eau fût dans le large cylindre A B C D en A D, & qu'il y eût un cylindre de glace de la largeur de l'ouverture F, qui n'allât que depuis



F juſques en G, & qui fût ſuſpendu depuis ce point directement ſur l'ouverture F à une demy ligne ou environ de diſtance, & qu'on laiſſât aller l'eau tout-à-coup, elle feroit monter plus haut par ſon choq le cylindre F G, puiſqu'elle peut faire équilibre avec un cylindre de même largeur & de la hauteur F E : Donc ſi l'eau ne jailliſſoit que juſques en G depuis le point F, elle ne pourroit demeurer à cette élevation, puiſque la force de l'eau ſuivante la pouſſeroit plus haut, ſi elle étoit

ferme comme un cylindre de glace ; d'où l'on peut juger que la premiere goutte s'éleveroit jusques à AE sans la resistance de l'air & quelques autres empêchemens, joint à cela que l'eau qui sort par F, se porte en haut pour faire l'équilibre avec l'eau AD, la premiere goutte qui s'éleve doit avoir la force de monter jusques à la hauteur de l'eau superieure du reservoir, si on fait abstraction de la resistance de l'air ; comme on l'a expliqué dans le 1er discours, où l'on a fait voir qu'en s'élevant à l'équilibre, elle jaillit même plus haut que l'eau superieure par la viteſſe acquiſe par le grand mouvement que le jet prend pour s'élever à la hauteur de l'eau superieure.

Ayant remply d'eau le reservoir ABCD de 16 pouces de hauteur au dessus de l'ouverture du jet en F jusques à ce qu'elle passât par dessus les bords environ d'une ligne : Car comme il a été dit, elle ne coule point par dessus les bords qu'elle ne soit environ à une ligne & demie ou deux lignes au dessus, particuliérement si les bords du reservoir sont frottez de graisse, on a mis par dessus une regle O L en situation horizontale, qui étoit par consequent environ une ligne plus basse que la surface superieure de l'eau ; & l'on a remarqué que laissant jaillir l'eau un peu obliquement par l'ouverture F, & entretenant

le tuyau A B C D toujours plein à une ligne au deſſus du bas de la regle, le haut du jet alloit juſqu'à la regle, ce qu'on connoiſſoit par un peu d'eau qui s'y attachoit, qui auroit eu encore aſſez de force pour s'élever un peu plus haut comme d'un quart de ligne : Mais lorſque l'eau n'étoit qu'à fleur du reſervoir & ne paſſoit point les bords, il ne s'attachoit point d'eau à la regle, parce que l'air reſiſtoit un peu à la force du jet.

Que ſi le tuyau étoit de deux pieds de hauteur, il s'en falloit un peu moins de deux lignes que le jet n'allât juſques à la regle : Mais lorſque le reſervoir étoit de moindre hauteur comme de 7 ou 8 pouces & que les ouvertures étoient de 3 ou 4 lignes de diametre, les jets s'élevoient toujours ſenſiblement auſſi haut que la ſurface de l'eau, parce que le peu d'air qu'ils avoient à paſſer ne pouvoit diminuer ſenſiblement leur force.

Or par la doctrine de Galilée une goute d'eau qui s'eſt élevée à une hauteur de 2 ou 3 pieds, lorſqu'en retombant elle eſt parvenuë au même point d'où elle avoit commencé à s'élever, elle doit reprendre à ce point la même viteſſe qui l'avoit fait élever ; d'où il s'enſuit qu'on peut prendre pour une regle ou loy de la nature, que l'eau qui jaillit au bas d'un reſervoir

servoir par une petite ouverture, a la même viteſſe qu'une groſſe goutte d'eau auroit acquiſe en tombant depuis la hauteur de la ſurface de l'eau du reſervoir juſques à l'ouverture de l'ajuſtoir, faiſant abſtraction de la reſiſtance de l'air.

CONSEQUENCE.

IL s'enſuit que les viteſſes de l'eau qui ſort au deſſous des reſervoirs qui ſont de hauteurs inégales, ſont l'une à l'autre en la raiſon ſoudoublée de ces hauteurs; car puiſque la viteſſe de chaque jet les doit faire élever à la hauteur de leur reſervoir, & que parce que Galilée a démontré, les corps qui ſe meuvent avec des viteſſes differentes, s'élevent à des hauteurs qui ſont l'une à l'autre en raiſon doublée de ces viteſſes; il s'enſuit que les viteſſes ſont l'une à l'autre en la raiſon ſoudoublée des hauteurs.

IV. REGLE.

LEs jets d'eau d'égale largeur qui ont des viteſſes inégales, ſoûtiennent par leur choq des poids qui ſont l'un à l'autre en raiſon doublée de ces viteſſes.

EXPLICATION.

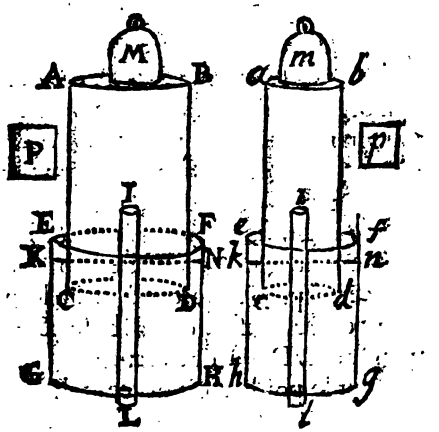
DAutant que l'eau peut être conſiderée comme compoſée d'une infinité de petites parcelles inperceptibles, ſi

doit arriver que lorſqu'elles vont deux fois plus vite, il y en a deux fois autant qui choquent en même temps, & par cette raiſon le jet qui va deux fois plus vîte qu'un autre, fait deux fois autant d'effort par la ſeule quantité des petits corps qui choquent ; & parce qu'il va deux fois plus vîte, il fait encore deux fois autant d'effort par ſon mouvement ; & par conſequent les deux efforts enſemble doivent faire un effet quadruple, & de même à l'égard des autres proportions. On prouve encore cette regle en cette maniere : A B eſt un cylindre quatre fois plus haut que le cylindre C D, l'ouverture E eſt égale à l'ouverture F, les deux cylindres ſont pleins d'eau : Or dautant que le jet ſortant par E doit ſoûtenir un poids égal au poids du petit cylindre d'eau G E, & que le jet par F doit ſoûtenir un poids égal au poids du petit cylindre H F, & que le petit cylindre G E eſt quadruple du petit cylindre H F ; il s'enſuit que les poids élevez ſeront comme 4 à 1 ; mais par la conſequence de la regle precedente, la viteſſe du jet par F eſt à celle du jet par E en raiſon ſoudoublée de la hauteur F H à la hauteur E G, & par conſequent elle ſera comme 1 à 2. Donc une viteſſe double d'un jet de même largeur

(*Figure de la page 169*)

soûtiendra un poids quadruple, & ainsi à l'égard des autres proportions ; de là il s'ensuit qu'un jet d'air qui va 24 fois plus vîte qu'un autre soûtiendra un poids 576 fois plus grand, puisque 576 est le quarré de 24 ; & parce qu'un jet d'eau qui va 24 fois moins vîte, soûtient le même poids, on peut juger que l'air est 576 fois plus rarefié que l'eau, puisqu'allant avec même viteſſe, le jet d'eau soûtient un poids 576 fois plus grand.

On peut connoître par experience la force du choq de l'air avec la machine suivante, aussi bien qu'avec celle de la 2eme re-

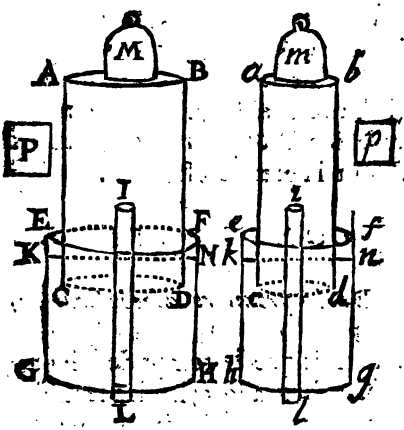


gle. A B C D est un vaiſſeau cylindrique de fer blanc, bien soudé ouvert en C D,

& renversé dans un autre cylindre EFGH, au fond duquel il y a un petit tuyau bien soudé L I qui entre dans le cylindre renversé & passe un peu au dessus de l'eau N K qui est dans le cylindre E H. On charge successivement de plusieurs poids differens la base superieure A B pour faire descendre ce cylindre, & en même temps faire sortir l'air avec violence par le tuyau I L, au bas duquel on ajuste une balance comme celle de la figure cy-dessus marquée 2, chargée à un des bouts de differens poids pour éprouver la force du choq de cet air. Les experiences se trouveront conformes à la demonstration cy-dessus, sçavoir que si l'on souffle de l'air avec un soufflet dans le tuyau L I, de telle force qu'il empêche le poids M, & le cylindre A D de descendre, alors cet air poussé fait le même effet que si on mettoit le pouce au point L pour empêcher l'air de sortir; & comme en cet état le pouce porteroit sa part du poids M joint à celuy du cylindre A D, & le reste seroit soûtenu par le reste de la base G H, & que cette partie seroit à tout le poids soûtenu en la raison de la base G H à la hauteur de C D, à l'ouverture L; en sorte que si tout le poids étoit de cent livres, & que la base G H fût 100 fois plus grande que l'ouverture L, l'air soufflé dans le tuyau soûtiendroit la 100eme partie de tout

le poids : Donc reciproquement si on ôtoit le soufflet, l'air qui sortira avec la même viteſſe que le vent du ſoufflet qui l'empêchoit de ſortir, fera équilibre avec un poids égal à cette 100 partie.

Il ſuit de ces raiſonnemens, que ſi deux cylindres pleins d'air de même hauteur ayant leurs baſes inégales, ſont chargez par des poids égaux étant diſpoſez comme le cylindre A B C D & ayant les ouvertures égales par où l'air doit ſortir, les poids que l'air ſortant élevera, feront l'un à l'autre en raiſon reciproque de leurs baſes ; car ſoient ces deux cylindres A B C D, *a b c d*, mis



chacun dans un autre cylindre plein d'eau, comme il a été expliqué dans la figure

precedente, & soient égaux les deux poids M & *m* posez sur les cylindres inégaux, & les poids élevez soient P & *p* sçavoir P par M & *p* par *m*, dautant que la base G H est à l'ouverture L comme le poids M au poids P élevé par l'air qui sort par L, & que l'ouverture *l* égale à L est à la base *h g* comme le poids *p* élevé par l'air qui sort par *l* au poids M ou *m*; en raison égale la proportion étant troublée, la base G H sera à la base *h g* comme le poids *p* au poids P. Que si les poids qui chargent les cylindres, sont proportionnez à leurs bases, ils éleveront des poids égaux par le choq de l'air qu'ils feront sortir par des ouvertures égales, comme si la base G H est 24 & la base *g h* 12, & que le poids M soit 12 livres & le poids *m* 6 livres, l'ouverture L étant 4, de même que *l*, les poids P & *p* seront chacun de 2 livres dont la preuve est facile.

CONSEQUENCE.

De la premiere démonstration.

IL s'ensuit que le temps de l'écoulement de l'air du grand cylindre sera au temps de l'écoulement de l'air du petit cylindre, lorsqu'ils seront chargez de poids égaux en la raison composée de celle de

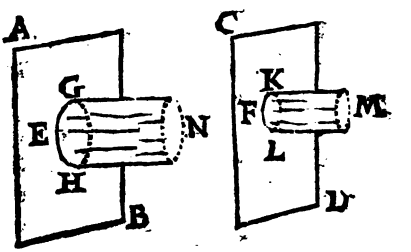
la baſe G H à celle de la baſe *g h*, & de la ſoudoublée de la même baſe G H à la même baſe *g h*, car ſi les viteſſes étoient égales, ces temps ſeroient entr'eux comme les baſes : Mais les poids élevez étant en la raiſon reciproque des baſes, & les viteſſes étant par la troiſiéme regle en la raiſon ſoudoublée des poids élevez, les viteſſes ſeront reciproquement en raiſon ſoudoublée des baſes, c'eſt-à-dire que la viteſſe par *l* ſera à la viteſſe par L en raiſon ſoudoublée de la baſe G H à la baſe *g h* ; & par conſequent le temps de l'écoulement de l'air du grand cylindre ſera au temps de l'écoulement de l'air du petit cylindre en la raiſon compoſée de celle de la baſe G H à la baſe *g h*, & de la ſoudoublée des mêmes baſes l'une à l'autre ; ce qui s'eſt trouvé conforme à l'experience : Car un cylindre de 8 pouces 7 lignes de diametre de baſe, & un autre de 5 pouces 6 lignes étant chargez chacun de 44 onces, le grand s'eſt vuidé en 47 demies ſecondes, & le petit en 12 : Or les baſes G H & *g h* ſont entr'elles comme les quarrez de leurs diametres G H & *g h* ; & 74 pouces, qui eſt à peu prés le quarré de G H de 8 pouces 7 lignes, eſt à 30, qui eſt à peu prés le quarré de *g h* de 5 pouces 6 lignes, comme 47 à 19 à peu prés ; & comme 74 à 47 moyenne pro-

portionnelle entre 74 & 30 ainſi 19 à 12½ d'où l'on voit que 47 eſt à 12 en la raiſon compoſée de celle de la baſe G H à celle de la baſe *g h*, & de la raiſon ſoudoublée de la même baſe G H à la même baſe *g h*.

V. REGLE.

LEs jets d'eau de même viteſſe & de differentes ouvertures ſoûtiennent des poids par leur choq qui ſont l'un à l'autre en raiſon doublée des diametres des ouverures.

Soient deux ſurfaces A B, C D percées de



deux ouvertures E & F, & que les deux jets d'eau E N, F M paſſent par ces ouvertures ; il eſt évident que la ſurface de l'ouverture E eſt à la ſurface de l'ouverture F en raiſon doublée du diametre G H au diametre K L, & les viteſſes étant ſuppoſées égales, ſi le diametre G H eſt double du diametre K L, il y aura 4 fois autant

tant de petits corpuſcules d'eau pour choquer, dans la baſe GH que dans la baſe KL; ils feront donc un effet quadruple, & ſi les ſurfaces des jets ſont reciproques aux hauteurs des reſervoirs, ils feront équilibre avec des points égaux.

Pour ſçavoir la force des eaux coulantes lorſqu'elles choquent des aîles de moulin ou de quelque autre machine, il faut ſçavoir leur viteſſe & la comparer à celle des eaux qui jailliſſent au bas d'un reſervoir. Il eſt encore neceſſaire de ſçavoir la peſanteur ſpecifique de l'eau, à l'égard des autres corps; voicy les obſervations que j'en ay faites.

On a fait faire un vaiſſeau de cuivre quarré en tous ſens d'un demy pied de hauteur & de largeur dans œuvre, lequel par conſequent contenoit la 8me partie d'un pied cube; on le mit dans le baſſin d'une balance, & de l'autre côté ſon poids au juſte, on l'emplit d'eau enſuite avec un tres-grand ſoin, par une petite ouverture faite vers un angle de la platine de deſſus: On a trouvé par pluſieurs experiences que cette eau peſoit 8 livres $\frac{1}{4}$, & par conſequent que le pied cube d'eau devoit peſer 70 livres; le muid de Paris contient 8 pieds cubes, en chaque pied cube 36 pintes quand elles ſont meſurées au juſte & que l'eau ne paſſe pas les bords,

mais quand elle passe les bords le plus qu'il se peut sans verser, il ne contient que 35 pintes; chacune de ces dernieres pintes pese 2 livres, & les autres 2 livres moins 7 gros: Le muid de Paris contient 288 pintes de ces dernieres, & 280 des autres. De là on connoît qu'un cylindre d'eau dont la base a un pied de diametre & un pied de hauteur, ne pese que 55 livres, parce que la proportion du cercle au quarré qui luy est circonscrit, est à peu prés comme 11 à 14: Or comme 14 à 11, ainsi 70 livres sont à 55 livres; de là on sçait qu'un cylindre d'un pied de hauteur & d'un pouce de base pese 6 onces un gros à fort peu prés; car la $\frac{1}{144^{me}}$ partie de 55 livres est 6 onces & $\frac{1}{9}$, & un gros est $\frac{1}{8}$; surquoy on a fait les experiences suivantes.

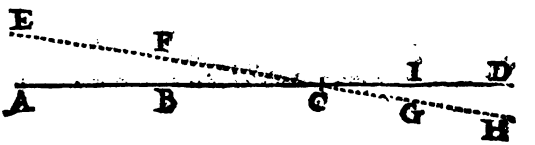
Ayant attaché un petit batteau à un autre fort grand qui étoit immobile dans le milieu du cours de la riviere où elle étoit fort rapide, on mesuroit le long du petit batteau une distance de 15 pieds selon sa longueur, on jettoit en suite un petit morceau de bois, ou quelque brin d'herbe à deux ou trois pieds du petit batteau, vis-à-vis l'endroit où étoit la 1re marque des 15 pieds, & l'on comptoit par les battemens d'une pendule à demi-secondes, en combien de temps il passoit jusques à l'autre marque, si c'étoit en dix demi-

secondes on concluoit qu'en cet endroit l'eau de la riviere alloit d'une viteſſe à faire 3 pieds en une ſeconde. En ſuite on ſe ſervit d'un tourniquet où il y avoit deux regles qui traverſoient l'eſſieu, en ſorte que les plans où elles étoient ſe coupoient à angles droits. On avoit élevé vers l'extremité de l'une de ces regles un petit ais quarré de ſix pouces de largeur fort delié qu'on faiſoit tremper perpendiculairement dans l'eau courante juſques à ce qu'elle paſſât 2 ou 3 pouces au deſſus, & en même temps on mettoit à l'extremité de l'autre regle qui étoit en une ſituation horizontale, un poids à pareille diſtance de l'eſſieu que le milieu de l'ais, & on l'augmentoit ou diminuoit juſques à ce qu'il fiſt équilibre avec le choq de l'eau contre le petit ais ou palette. On fit pluſieurs de ces experiences à l'endroit où l'eau étoit la plus rapide, & en d'autres endroits où elle alloit moins vîte, & l'on trouvoit toujours à fort peu prés les mêmes proportions correſpondantes à la force de l'eau qui ſort du bas d'un tuyau de 12 pieds de hauteur : Voicy la maniere d'en faire le calcul.

Ayant trouvé que l'eau la plus rapide faiſoit 3 pieds $\frac{1}{4}$ en une ſeconde, & qu'elle ſoûtenoit alors par le choq de la palette 3 livres $\frac{3}{4}$, on diſoit, le jet du bas d'un

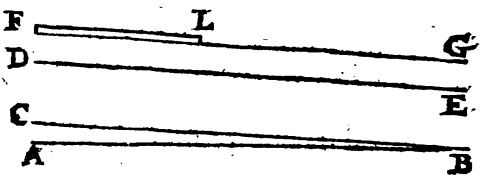
te uniformement des boules de cire attachées à un fil d'un pied de longueur, l'une étoit chargée de petites pierres dans le milieu pour rendre ſa peſanteur ſpecifique un peu plus grande que celle de l'eau, en ſorte que quand les 2 boules étoient dans l'eau, la plus peſante faiſoit bander le fil & enfoncer la plus legere plus qu'elle n'auroit fait toute ſeule, & par ce moyen ſa partie ſuperieure étoit preſque à fleur d'eau afin que le vent n'eût point de priſe ſur elle. J'ay toujours remarqué que la boule d'embas demeuroit en arriere principalement aux endroits où il y avoit quelques herbes au fond de l'eau prés deſquelles la boule inferieure paſſoit ; car cette riviere n'avoit qu'environ 3 pieds de profondeur : Mais lorſqu'on mettoit ces mêmes boules en un endroit où l'eau rencontrant quelque obſtacle s'élevoit un peu, & en ſuite prenoit un cours plus rapide, comme on le remarque ſous les Ponts, la boule inferieure devançoit la ſuperieure, ce qui faiſoit voir que l'eau du milieu alloit alors plus vîte que celle de la ſurface ; & cela procede de ce que l'eau s'élevant un peu plus haut par l'obſtacle, elle acquiert une plus grande viteſſe en coulant par une pente plus roide, & ce mouvement violent fait qu'elle ſe plonge & paſſe au deſſous de celle de la ſurface ; comme ſi

A B C D eſt le cours de l'eau ſuperieure, & que par un obſtacle vers B elle s'éleve juſques à la ligne ponctuée E F elle cou-



lera plus vîte par la pente roide E F, C, & par la viteſſe qu'elle aura acquiſe en C, elle continuëra ſa direction au deſſous de C D, comme en G H, & par conſequent elle ira plus vîte en G & H qu'en I & D, & c'eſt de là que procede que dans les mediocres rivieres il y a toûjours de grandes foſſes un peu au deſſous des Ponts; on en voit l'experience en tous les Ponts de la chauſſée de Nogent ſur Seine: Car l'eau qui s'eſt élevée par la rencontre des piles du Pont prend une plus grande viteſſe & paſſe avec violence au deſſous de la ſuperieure juſques au fond où elle emporte le ſable & l'entraine un peu plus bas où il s'amaſſe: Mais lorſque l'eau eſt en ſon lit & en ſa courſe ordinaire & mediocre, la ſuperieure doit aller plus vîte que celle qui eſt un pied au deſſous: car ſoit A B une ligne horizontale & C B la pente du fond de la riviere, D E

l'eau qui eſt à un demy pied de la ſuperieure F G, l'une & l'autre parallele à C B. Or parce que l'eau eſt viſqueuſe & que ſes parties contiguës ſont un peu liées enſemble l'eau D E emportera celle qui eſt immediatement au deſſus avec ſa même viteſſe à fort peu prés ; & en ſuite celle qui



eſt en F G, qui ſe mouvant auſſi d'elle-même à cauſe de ſa pente, va un peu plus vîte que l'eau D E, ce qu'on pourra mieux comprendre ſi l'on ſuppoſe que F L ſoit un ais nageant ſur l'eau, & dont le deſſus ſoit en une pente parallele à C B, ayant une balle fort ronde au deſſus ; car cet ais emporté par l'eau, emporteroit la balle, qui rouleroit d'elle-même le long de l'ais juſques en G, & par conſequent ſa viteſſe ſeroit plus grande que celle de l'ais.

J'ay encore remarqué ſouvent des herbes que l'eau emmenoit, & je voyois manifeſtement que celles qui étant entre deux eaux, prés du fond plus avancées que

celles qui étoient prés de la surface, étoient bien-tôt passées & laissées en arriere par les superieures ; & si je jettois dans le même courant une poignée de grosses scieures de bois qui alloient au fond plûtôt les unes que les autres, je voyois toujours les superieures preceder les autres par ordre à proportion qu'elles étoient plus ou moins éloignées du fond ; desquelles experiences il paroît que dans les rivieres qui coulent librement, l'eau superieure va plus vite que celle du milieu, & celle du milieu plus vite que celle qui est proche du fond, & que dans celles qui sont contraintes de passer en un lieu étroit, étant retenuës des deux côtez ; celle du milieu va plus vite que celle de la surface s'il n'y a que trois ou quatre pieds de profondeur.

Voicy comme on peut calculer la force des roues des moulins de la Seine.

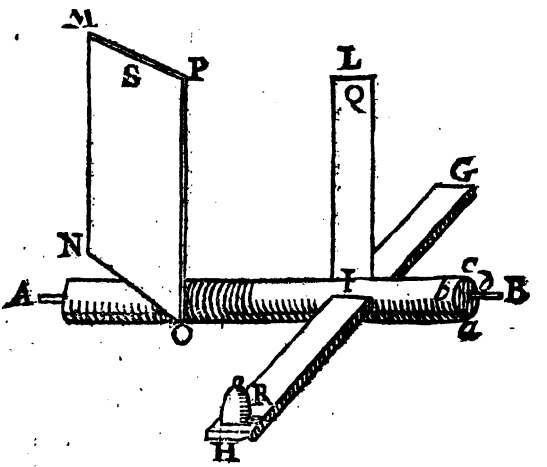
Je suppose qu'il y a deux roues à un seul essieu qu'elles ont 5 pieds de demy-diametre, & que les ais qu'on appelle des aubes qui servent de palletes, ont deux pieds de hauteur dans l'eau & 5 pieds de longueur : Je suppose aussi que la viteſſe de l'eau qui choque les pallettes, est de 4 pieds par seconde, ce qui est assez ordinaire : Car elle s'éleve un peu par la rencontre du batteau qui porte le moulin,

& par conſequent elle va vis-à-vis du milieu du bateau plus vîte que ſi elle n'avoit pas été arrêtée : Or comme il a été dit cy-devant, un reſervoir de 12 pieds de hauteur faiſant jaillir au deſſous de 12 pieds un jet quarré de demy-pied de largeur, peut ſoûtenir 210 livres ; ſa viteſſe qui eſt de 24 pieds par ſeconde eſt 6 fois plus grande que celle qui choque les roües du moulin : Donc cette eau qui choque une palette de demy-pied ne doit ſoûtenir que la 36me partie de 210 livres, par la 1ere regle ; donc elle ſoûtiendra 5 livres & $\frac{5}{6}$. Le pied quarré ſoutiendra le quadruple, ſçavoir 23 livres $\frac{1}{3}$ & parce que les pallettes d'une roüe ont 10 pieds ſuperficiels, elles ſupporteront 233 livres $\frac{1}{3}$, l'autre roüe aura la même force : donc les deux ſoûtiendront 466 livres $\frac{2}{3}$ miſes en une regle horizontale à la même diſtance de l'axe, que le milieu des pallettes à 4 pieds.

La force du choq du vent contre les aîles d'un moulin à vent ſe trouve en cette ſorte.

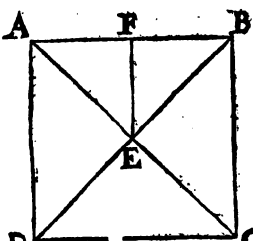
Ayez un tourniquet cylindrique ſemblable à celuy dont il eſt parlé dans les experiences precedentes ; A B dans cette figure repreſente ſon axe, G H eſt une regle horizontale qui traverſe l'axe du cylindre à angles droits, I L eſt une autre re-

gle posée perpendiculairement sur G H, M N O P est encore une regle perpendiculaire posée obliquement sous un angle de 45 degrez, à l'égard de la regle G R : or si l'on suppose un jet d'eau qui choque directement la



regle I L vers le point Q, & qui fasse tourner le cylindre selon l'ordre des lettres *a b c d*, il agira de toute sa force pour soûtenir le poids R : Mais si un autre jet d'eau égal choque directement la regle M O au point S, que l'on suppose autant éloigné de l'axe que le point Q, il ne pourra soûtenir le poids R, parce que sa direction ne sera pas parallele à la direction de l'extremité de la regle I L, & il

ne pourra soûtenir qu'un poids qui sera au poids R, comme le côté d'un quarré à sa diagonale, & si le même jet est parallele à l'axe AB & qu'il choque au même point S, il faudra encore diminuer le poids R dans la même proportion pour faire l'équilibre, parce que ce jet choquera obliquement cette regle sous un angle de 45 degrez, & alors le poids R n'aura plus que la moitié de son poids : car si ABCD est un quarré, la 1ere raison sera comme de AC à AB, & la seconde comme de AB à AE moitié de AC, comme il a été expliqué plus au long dans le traité de la Percussion, à la fin de la 13 proposition de la 2me partie. Or le vent qui choque les aîles d'un moulin à vent, les choque obliquement, & s'il rencontroit chaque aîle sous un angle de 45 degrez, il ne luy resteroit de sa force que selon la proportion de la diagonale d'un quarré à son côté par cette seule cause : Mais si cette aîle qui est oblique à l'axe l'étoit selon le même angle; cette seconde cause diminuëroit encore la force du vent selon la même proportion,



comme il a été dit du jet d'eau, & la diminution totale par ces deux causes seroit de la moitié de la force du vent quand il choque directement cette regle, comme IL disposée à se mouvoir au commencement selon sa direction, de maniere que si sa force totale étoit 80 elle seroit reduite à 40 par ces deux causes. Mais à cause que l'aîle dont l'obliquité est de 45 degrez reçoit une moindre largeur de vent que quand elle est opposée directement, il reçoit encore une 3me diminution selon la même raison de AC à AB, & la diminution totale sera comme AC à EF, ou à peu prés comme 80 à 28 $\frac{1}{4}$. Que si l'obliquité de l'aîle est NO & que l'angle de AB & NO soit de 60 degrez, alors la 1ere cause seule diminuera de moitié la force du vent & la reduita de 80 à 40 & les deux autres ensemble la reduiront de 40 à 31 à peu prés; d'où l'on jugera qu'il vaut mieux que les aîles des moulins à vent ayent cette obliquité, que celle de 45.

(Figure de la page 223.)

Pour sçavoir la force d'un vent qui choqueroit directement la voile d'un Vaisseau, il faut sçavoir la viteſſe du vent; On la trouve en luy laissant emporter une plume tres-legere de duvet depuis un endroit stable, & comptant le temps qu'elle met à

parcourir un certain espace comme de 30 ou de 40 pieds. Or supposant que le vent fasse 24 pieds en une seconde, comme il fait quand il est assez violent à l'ordinaire mais pourtant bien moins que dans les grandes tempêtes & houragans, il ira aussi vîte qu'un jet d'eau qui sort d'une ouverture à 12 pieds au dessous d'un reservoir ; & parce que le vent doit aller 24 fois plus vîte que l'eau pour faire le même effet, il ne fera pas plus que l'eau de pareille largeur qui ne fait qu'un pied en une seconde, ou que le jet qui en fait 24, si la largeur du vent est 24 fois plus grande en diametre, ou 576 fois en surface. Or un jet d'eau de demy pied en quarré venant d'un reservoir de 12 pieds de hauteur, peut soûtenir comme il a été dit cy-devant, un poids égal au poids d'une colomne quarrée d'eau qui a pour base un quarré d'un demy pied, & pour hauteur 12 pieds ; & dautant qu'un demy pied cube pese 8 livres $\frac{3}{4}$ si on double cette hauteur ce sera 17 livres $\frac{1}{2}$ pour une colomne quarrée d'un pied de hauteur & d'un demy pied de largeur, & si elle est de 11 pieds de hauteur, ce sera 210 livres qui seront soutenuës par un jet d'un demy pied en quarré. Afin donc que le vent qui va aussi vîte, soûtienne le même poids de 210 livres, il faut que la voile

qu'il choque ſoit 24 fois plus large & plus longue qu'un demy pied, c'eſt-à-dire qu'il faut qu'elle ait 12 pieds tant de largeur que de longueur, ou 6 pieds de largeur & 24 pieds de hauteur, & alors le vent qui fera 24 pieds en une ſeconde, ſoûtiendra 210 livres poſées ſur une regle horizontale attachée au même axe que la voile quarrée de 12 pieds, dans la même diſtance de l'axe, que le milieu de la longueur de la voile qui doit être en une ſituation perpendiculaire : Mais ſi le vent ne fait que 12 pieds en une ſeconde, il ne ſupportera que 52 livres $\frac{1}{2}$ qui eſt le quart de 210 livres.

Si l'on en veut faire l'experience en petit, il faut ſe ſervir du tourniquet de la page 223, & prendre une voile d'un pied de largeur & de hauteur, qui ayant ſa ſurface d'un pied ne ſupportera que la 144me partie de 52 livres $\frac{1}{2}$ ſçavoir 5 onces $\frac{1}{2}$, ſi ce poids eſt à la même diſtance de l'axe que le milieu de cette petite voile, mais il faudra choiſir le vent qui pourra faire 12 pieds par ſeconde.

Par cette maniere on calculera aiſément les differentes forces des eaux & des vents par leur choq.

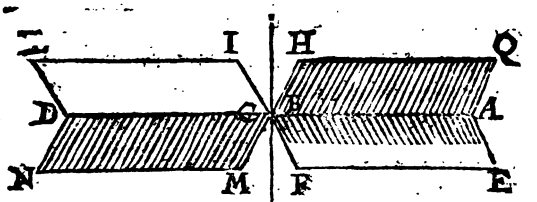
Pour comparer la force des moulins à vent à celle des moulins de la Seine dont j'ay parlé, je ſuppoſe que chacune des 4 aîles

ait 30 pieds de hauteur & 6 pieds de largeur, ce ſont 180 pieds; ſi le vent ne fait que 12 pieds en une ſeconde il ſoûtient 5 onces $\frac{8}{9}$, de livre en choquant une aîle d'un pied de ſurface, s'il en choque une de 180 pieds en ſurface, il ſoûtiendra 66 livres à peu prés : Mais il en faut ôter les $\frac{1}{8}$ à cauſe de la triple obliquité du choq, comme il a été prouvé; ſi l'obliquité eſt de 30 degrez, il reſtera donc 29 livres, & les 4 aîles ſoûtiendront 100 livres; mais la diſtance de l'eſſieu au milieu de l'aîle eſt de 20 pieds, & celle du milieu des pallettes juſques à leur axe n'eſt que de 4 pieds : Donc par cette cauſe les moulins à vent augmenteront leur force du quintuple, & ſi la rouë dentée de chacun eſt de 2 pieds de diametre, la force du moulin à vent ſera de 10 fois 100 & celle des moulins à eau de 2 fois 466 livres, quand le vent fait 12 pieds par ſeconde, & le courant de l'eau 4 pieds; on fera de ſemblables calculs pour les moindres ou plus grandes viteſſes d'eau & de vents & pour les plus grandes ou moindres aîles.

Quelques-uns ont entrepris de faire des moulins horizontaux qui tournaſſent à tous vents; j'en ay veu de trois ſortes.

Les premiers avoient leurs aîles concaves & convexes ſelon un angle de 45 degrez comme on le voit en la figure, A B

CH le haut du concave, & CD le haut du convexe, le vent soufflant contre les deux n'agira pas de même ; car il glissera de part & d'autre depuis l'arête C D, le long des plans CL, & CN, & n'agira que comme 8 à $5\frac{1}{3}$ au lieu que rencontrant le con-



cave & ne pouvant glisser, il agira par toute sa force, comme s'il y avoit une toile tenduë sur E Q H F, & ainsi il agira de toute la force de son choq & comme de 8, & y ayant 6 aîles semblables il y en auroit toujours 3 qui recevroient un peu moins d'un tiers plus d'impulsion que les trois autres, ce qui feroit necessairement tourner les rouës, mais avec peu de force, en sorte qu'elles ne pourroient tourner qu'à vuide, ou bien il les faudroit demesurément grandes, & elles ne pourroient se soûtenir & seroient en danger d'être emportées par un vent impetueux, Pour les perfectionner il faudroit que l'angle E A Q fût de 30 degrez & alors la proportion, de la force du vent seroit dans le concave à l'égard du convexe, comme de 4

à 1, comme il a été expliqué dans les règles de la chûte des corps à la fin du traité de la Percussion de la 3me édition : On pourroit encore faire les faces C N, C L mobiles, & B E, B Q, afin qu'elles se serrassent un peu en l'aîle C D, & qu'elles s'ouvrissent en l'autre, ce qui augmenteroit encore la proportion ; il faudroit aussi mettre ces 6 aîles deux à deux l'une sur l'autre afin qu'elles receussent mieux le vent, & alors ces moulins pourroient faire à peu prés le même effet que ceux dont on a parlé.

La seconde maniere avoit la largeur de ses aîles en une situation verticale, mais la toile qui les revêtoit étoit dans des chassis mobiles qui d'un côté s'appuyoit entierement contre les extremitez des bois ou perches qui les environnoient quand le vent soufloit contre ; & ainsi elles en recevoient tout l'effort ; mais de l'autre côté elles cedoient au vent tournant sur des pivôts & n'ayant point d'arrêt, & par ce moyen une partie du vent passoit entre les ouvertures qu'il faisoit, ce qui donnoit beaucoup moins de force que de l'autre côté, & la roue tournoit neceſſairement : mais elle tournoit foiblement, même à vuide, lorsque des moulins à vent ordinaires tournoient par un vent mediocre, celuy-cy ne tournoit point ou tour-

roit tres-lentement à cauſe qu'il ne reſtoit pas un quart de force de plus dans le côté où le vent choquoit entierement, que de l'autre ; ce qui procedoit de ce que les bois & les traverſes en recevoient autant d'un côté que d'autre, & les chaſſis du côté qu'ils s'ouvroient ne laiſſoient pas de tomber un peu par leurs poids & d'être rencontrez par le vent qui les ſoûtenoit ne s'élevant jamais à la hauteur horizontale : Mais il s'ouvroit ſeulement à demy un peu plus ou moins ; c'eſt pourquoy ils étoient inutiles la plus-part du temps & ne pouvoient moudre qu'à des vents violents.

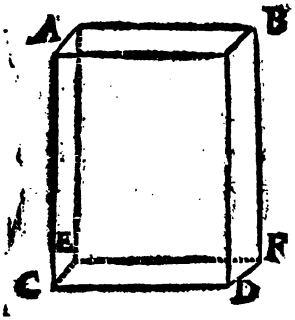
La 3me maniere étoit de faire couvrir la moitié du nombre des aîles par une demie circonference cylindrique de fer blanc ou d'autre matiere legere qui étoit dirigée droit au vent par une grande giroüette fort éloignée du centre de la machine, & par ce moyen il y en avoit ſeulement trois d'un côté qui recevoient l'impreſſion du vent ſans être empêchées par les 3 de l'autre côté : Mais on ne pouvoit faire en grand cette machine à cauſe de l'énorme grandeur qu'il eût fallu donner à la demie circonference cylindrique & qui l'eût miſe au hazard d'être emportée par un vent mediocrement violent.

J'ay veu auſſi un modele des moulins à vent horizontaux qui ſont à ce qu'on dit en uſage dans la Chine ; ils ſont faits comme une lanterne, il y a pluſieurs aîles, qui tournent ſur des pivots vers le centre & le point oppoſé vers le haut, & ils rencontrent des chevilles qui les arrêtent en de certaines ſituations pour recevoir le vent le plus directement qu'il ſe peut, & quand ces aîles ont fait un demy tour par la revolution de la machine, elles tournent & vont au vent, comme les giroüettes & n'en reçoivent que tres-peu d'impreſſion pour ne pas nuire à celles qui ſont de l'autre côté où le vent les rencontre directement ou à peu prés ; & enfin il n'y en a point de l'autre côté qui ne reçoive le vent tres-obliquement, & par ce moyen le vent agit toujours preſque deux fois plus d'un côté que d'autre, ce qui fait faire un effet ſuffiſant à toute la machine dont l'eſſieu eſt planté dans le milieu de la meule qui eſt au deſſous ; c'eſt pourquoy il n'eſt pas neceſſaire d'y appliquer des roüës & des lanternes comme aux autres moulins, par le frottement deſquelles la force eſt diminuée.

On peut par la même methode cy-deſſus calculer la viteſſe du vent qui eſt neceſſaire pour renverſer des arbres ou des piliers qui ſeroient poſez de bout

ſans rien ſoûtenir ; en voicy des exemples.

Soit un quadre de bois A B C D comme ceux d'un chaſſis de papier, d'un pied de largeur, dont le poids ſoit d'une livre un quart ou 20 onces avec ſon papier collé, expoſé directement au vent & poſé perpendiculairement ſur un plan horizontal, & ayant les quatre petits bâtons quarrez d'un pouce de largeur : Donc un vent de 12 pieds par ſeconde, en le choquant ſoûtiendra 6 onces à peu prés, comme il a été montré cy-deſſus ; & parce qu'il n'a d'épaiſſeur que 12 lignes, la demie épaiſſeur où eſt ſon centre de gravité ne ſera que de 6 lignes : Car on ne conſidere point le poids du papier ; & parce que la diſtance de ſon centre de peſanteur juſques à l'appuy eſt 6 pouces, le vent agira en levier comme 6 pouces à 6 lignes ou comme 12 à 1, & E F étant l'axe du mouvement, la proportion de la force du vent contre le poids du quadre de 20 onces ſera comme 72 onces produit de 6 onces par 12 à 20 onces, il faut donc un moindre vent pour



faire équilibre, & si on le prend de 6 pieds par seconde, il n'aura que le quart de 72 onces, sçavoir 18 onces, & si 36 quarré de 6 donne 18, 40 donnera 20 onces, la racine quarrée de 40 est un peu plus de 6 $\frac{1}{3}$, il faudra donc un vent qui fasse 6 pieds $\frac{1}{3}$ en une seconde pour renverser ce quadre de chassis ; j'en ay fait l'expérience au haut de l'Observatoire & dans la Samaritaine.

On calculera de même la force qu'il faut pour rompre une branche d'arbre de

demy pied d'épaisseur ayant 15 pieds de tige & 30 pieds de branches rameaux &

feüilles ; ce ſera 900 pieds ſuperficiels que le vent choquera, la reſiſtance abſoluë du bas de la branche pour être rompuë, la tirant de haut en bas ſera de 207360 : Car la reſiſtance abſoluë d'un bâton de 3 lignes a été trouvée de 350 livres, AB eſt la tige de la branche, DFEB le tour de ſes branches & feüilles, & C le centre, la diſtance AC eſt 30 pieds, la proportion de 30 pieds au tiers de l'épaiſſeur vers A qui n'eſt que de 2 pouces, eſt de 180 à 1 diviſant 207360 par 180, le quotient ſera de 1152 ; il faudra donc la valeur de 1152 livres pour rompre la branche en A, il y a 900 pieds de ſuperficie dans les feüilles & rameaux de l'arbre, & parce que 2 pieds ſuperficiels choquez par un vent de 12 pieds par ſeconde ſoûtiennent $\frac{3}{4}$ de livre, ils ſoûtiendront 450 fois $\frac{3}{4}$, c'eſt-à-dire 337 livres à peu prés qui eſt un nombre beaucoup moindre que 1152 : Soit donc comme 337 à 1152 ainſi 144 quarré de 12 eſt à 492 $\frac{84}{337}$ dont la racine quarrée eſt 22 $\frac{1}{4}$ à peu prés, il faudroit donc que le vent fiſt 22 pieds $\frac{1}{4}$ en une ſeconde pour rompre une telle branche d'arbre.

Le choq du vent contre les voiles d'un Vaiſſeau pour le faire pencher ou pour le renverſer, ſuit les mêmes regles & celles de l'équilibre : Car ſi l'on poſe ſur le Vaiſ-

ſeau A B C dont le centre de peſanteur eſt dans la ligne D B, un poids au point C, il ſe panchera & le centre de gravité com-

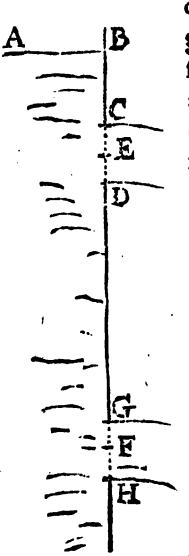
mun ſera en la ligne *b* D, ce qui ſera dans l'eau fera équilibre à ſoy-même & le poids C au reſte du Vaiſſeau E A qui ſera de l'autre part au deſſus de l'eau : Or la voile D étant choquée, fait le même effet qu'un grand poids, & on peut comparer leurs efforts comme cy-devant, ſelon que le vent ſera grand & que la voile ſera élevée au deſſus du Vaiſſeau ; & en ſe ſervant de la maniere cy-devant expliquée, on pourra connoître quelle vitteſſe de vent peut renverſer un Vaiſſeau, ſi l'on ſçait

ſçait le poids du Vaiſſeau & de ce qui eſt dedans ſa largeur, la grandeur de ſes voiles, l'obliquité ou la direction du choq, en comparant ſa force à celle d'un poids comme C : mais il faut conſiderer que le Vaiſſeau ne tourne pas par le vent, comme s'il y avoit un eſſieu au point B qui tournât ſur 2 pivots immobiles, & qu'il ne ſe renverſe pas ſi aiſément qu'il feroit : mais auſſi en roulant il peut prendre une continuation de mouvement, qui étant jointe à une grande & ſoudaine bouffée de vent, le peut porter beaucoup au-delà de l'équilibre & le renverſer.

Lors qu'on n'a qu'une certaine quantité d'eau pour employer à quelque choq, on peut augmenter ſa force en la faiſant jaillir au deſſous d'une plus grande hauteur.

A B eſt le deſſus d'une riviere retenuë; C D eſt une ouverture d'un pied quarré par où l'eau doit ſortir, ſoit E le milieu de l'ouverture & la hauteur B E de 3 pieds. Il a été demontré que le choq de l'eau par C D ſoûtiendra le poids d'un ſolide d'eau ayant pour baſe le quarré de C D, & la hauteur E B de 3 pieds; ce poids ſera donc de trois fois 70 livres ou de 210 livres. Soit maintenant l'eau retenuë en ſorte que ſa hauteur ſoit de 12 pieds juſques en F, qui eſt le milieu de l'ouverture quarrée G H, le jet par F ira

deux fois plus vîte que par E ; ſi l'on fait donc que comme la diagonale d'un quarré eſt à ſon côté, ainſi C D ſoit à G H, la ſurface de cette ouverture ſera la moitié de celle de C D, & il y paſſera autant d'eau en même temps, parce qu'elle ira deux fois plus vîte, & le poids qu'elle ſoûtiendra par ſon choq ſera égal au poids du ſolide, qui aura pour baſe le quarré de G H & pour hauteur F B : mais ce dernier ſolide ayant ſa hauteur quadruple du premier, & ſa baſe ſeulement moindre de la moitié, il peſera deux fois autant ; & le jet par G H ſoûtiendra un poids double de celuy qui eſt ſoûtenu par le jet C D ; d'où l'on voit que pour faire tourner un moulin qui manqueroit d'eau, & n'en auroit que la moitié de l'ordinaire, en luy donnant une profondeur quadruple ; la même eau le feroit tourner, & feroit autant d'effet que s'il avoit deux fois autant d'eau.



TROISIEME PARTIE.

DE LA MESURE DES EAUX COURANTES ET JAILLISSANTES.

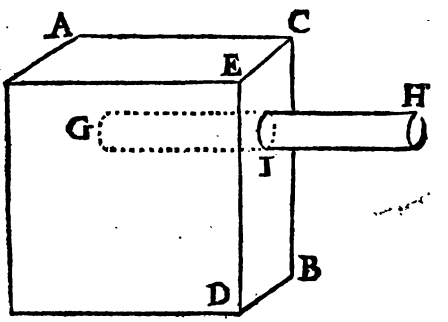
PREMIER DISCOURS.

DES POUCES, ET LIGNES D'EAU, dont on exprime la mesure des eaux courantes & jaillissantes.

LEs Fonteniers mesurent la quantité d'eau que donnent les Fontaines, par les pouces & les lignes circulaires, que contiennent superficiellement les ouvertures qu'elles rempliſſent en coulant tres-lentement : mais ils n'ont pas bien determiné quelle eſt la quantité d'eau que donnent ces pouces & lignes circulaires en un certain temps, ny quelle doit être l'élevation de l'eau par deſſus ces ouvertures pour fournir cet écoulement ; ce qui eſt pourtant neceſſaire pour ſçavoir ce que c'eſt qu'un pouce d'eau : Car ſi l'eau ſe tenoit à 6 lignes

par dessus une ouverture circulaire d'un pouce, elle donneroit beaucoup plus d'eau par ce pouce, que si elle ne le surpassoit que d'une ligne; parce que comme il a été montré cy-devant dans la deuxiéme Partie, une plus grande hauteur d'eau fait aller les jets plus vîte, & les écoulemens des eaux par une même ouverture se font selon la proportion des viteſſes qu'elles ont en sortant; ce qui se prouve en cette sorte.

AB est un bacquet plein d'eau, CEDB est



un des côtez du bacquet où il y a une ouverture I; G H est un cylindre de bois ou de glace, qui passe par ce trou avec une viteſſe uniforme.

Or ſi l'on ſuppoſe qu'en une ſeconde, il s'avance de l'eſpace G H, il eſt manifeſte qu'en ce temps il paſſera entierement & preciſément l'ouverture I, s'il commence à y entrer par le bout H, & que s'il va deux fois plus lentement, il luy faudra employer deux ſecondes pour la paſſer entierement; & par conſequent il n'en paſſera que la moitié en une ſeconde, & de même à l'égard des autres proportions.

On peut tirer la même conſequence à l'égard des jets d'eau, ſçavoir, qu'il paſſera deux fois autant d'eau en même temps par l'ouverture I, quand elle va deux fois plus vîte, & que ſi en une minute elle donne 10 pintes en paſſant par cette ouverture avec une certaine viteſſe, elle en donnera 30 dans le même temps ſi elle va trois fois plus vîte.

Cela étant ſuppoſé, il eſt évident que s'il y a deux ouvertures rondes égales en un reſervoir, l'un à un pied au deſſous de la ſurface ſuperieure de l'eau, & l'autre à 4 pieds, il ſortira par cette derniere deux fois autant d'eau en même temps, puis qu'il a été prouvé que l'eau ſortira par cette derniere deux fois plus vîte que par l'autre.

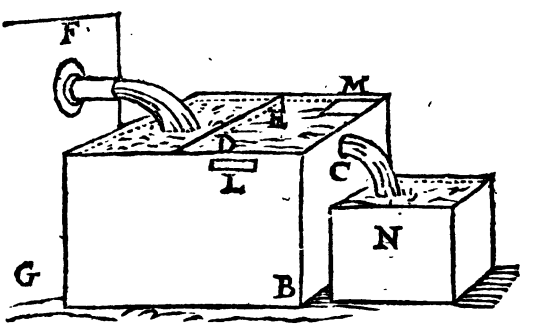
Delà on voit que pour determiner la quantité d'eau qui doit paſſer par l'ouverture d'un pouce, ſituée perpendiculaire-

ment, il faut neceſſairement déterminer à quelle hauteur doit être la ſurface de l'eau qui fournit l'écoulement au deſſus du pouce circulaire.

Voicy quelques experiences qui ont été faites pour déterminer cette hauteur, & la quantité d'eau qui en ſort en un certain temps.

PREMIERE EXPERIENCE.

ON s'eſt ſervy d'un bacquet de fer blanc M B long de deux pieds, & large de 10 pouces, percé en C d'une ou-



verture quarrée d'environ 18 lignes de largeur, où l'on avoit appliqué une petite platine de cuivre percée tres-exactement d'une figure circulaire d'un pouce de diametre, ce bacquet étant ſitué de maniere que cette

ouverture d'un pouce étoit verticale, on l'empliſſoit d'eau juſques par deſſus l'ouverture, la fermant avec la main, & on y laiſſoit couler de l'eau d'un muid F G qui en étoit fort proche, en telle quantité, que paſſant toute par l'ouverture circulaire C, la ſurface ſuperieure de l'eau du bacquet demeuroit toûjours environ à une ligne plus haut que l'ouverture.

Pour faire cette experience bien juſte, on avoit fait une ouverture à côté dans le bacquet comme en L un peu plus élevée que l'ouverture circulaire C, pour ſervir de décharge à l'eau ſurabondante, dont on diminuoit la hauteur comme on vouloit par le moyen d'une petite platine de fer blanc qu'on y appliquoit avec une matiere fort viſqueuſe faite de cire & de therebentine. On avoit auſſi appliqué une autre petite lame de fer blanc M à deux pouces à côté de l'ouverture C, & à une ligne plus haut moins $\frac{1}{4}$; elle étoit parallele à l'eau du bacquet, en ſorte que quand l'eau s'étendoit un peu par deſſus, comme d'un quart de ligne d'épaiſſeur, on étoit aſſeuré que la ſurface ſuperieure étoit à fort peu prés plus haute d'une ligne que le haut de l'ouverture C, & ſans cette invention il ſeroit fort difficile de s'en aſſeurer; parce que l'eau fait ordinairement une petite élevation concave

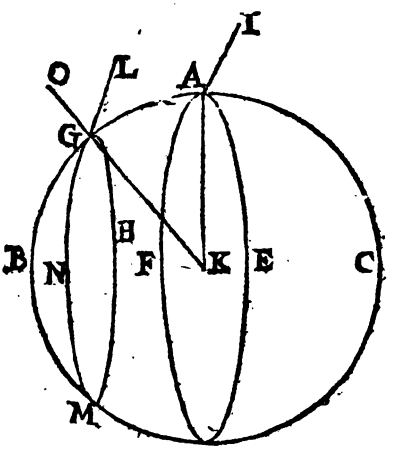
d'environ deux lignes de hauteur le long des corps qu'elle touche quand ils en ſont humectés : ce qui empêche de pouvoir bien remarquer la hauteur de la ſurface de l'eau à l'egard de l'ouverture C. Il y avoit auſſi dans le bacquet une traverſe DE pour recevoir le choq de l'eau qui tomboit du muid dans le reſervoir, afin qu'elle ne fiſt point de vagues, & cette traverſe étoit diſtante d'environ 3 pouces du fond du bacquet, & étoit percée de pluſieurs trous afin que l'eau y paſſât librement ; cela étant bien diſpoſé, on fermoit l'ouverture avec la main ou autrement, & on empliſſoit le bacquet juſques à ce que l'eau paſſât 3 ou 4 lignes par deſſus la petite lame M, & enſuite on laiſſoit couler l'eau en même temps par l'ouverture & par le muid ; & ſi l'eau du bacquet demeuroit à cette hauteur de 3 ou 4 lignes, ou qu'elle montât encore plus haut, on baiſſoit un peu le déchargeoir L, juſques à ce que l'on vît demeurer tres-peu d'eau ſur la petite lame M, comme d'un quart de ligne d'épaiſſeur, & qu'elle demeurât ſenſiblement en cet état un peu de temps. Alors on pouſſoit tout à coup un vaiſſeau N pour recevoir l'eau qui couloit par l'ouverture circulaire C, & aprés l'y avoir laiſſé 30 ſecondes preciſément, on le tiroit tout à coup, & on

meſuroit enſuite la quantité d'eau qui étoit dedans.

Pour marquer le temps de l'écoulement, on ſe ſervoit d'un pendule de fil tres-délié, chargé à ſon extremité d'une balle de plomb de 8 lignes de diametre; la longueur du fil étoit de 3 pieds & 8 lignes juſques au centre de la balle depuis le point de ſuſpenſion; ce pendule employoit une ſeconde à chaque battement, & on s'en aſſeuroit en le comparant à une pendule ou horloge tres juſte qui marquoit les ſecondes; on a reïteré pluſieurs fois la même experience, & on a trouvé qu'il paſſoit en 60 ſecondes par cette ouverture d'un pouce, lors que la ſurface ſuperieure de l'eau du bacquet étoit 7 lignes plus haute que le centre de l'ouverture, environ 13 pintes $\frac{3}{8}$ meſure de Paris, chaque pinte peſant deux livres moins 7 gros.

Dans les païs proche de la ligne, le pendule doit être plus court à cauſe que le mouvement de la ſurface de la terre en ces endroits eſt plus grand qu'en France. Mr Richer, & Mr Varin en ont fait des obſervations; le 1er à la Cayenne, où il l'a trouvé plus court de 1 ligne $\frac{1}{4}$ & l'autre en l'Iſle de Gorée proche le Cap-Vert où il le falloit ſeulement de trois pieds 6 lignes $\frac{1}{2}$: on demontre cet effet en cette ſorte; ABCD repreſente un meridien paſ-

ſant par les poles B C, & A E F eſt la ligne équinoxiale; G H M N eſt le paral-



lelle de Paris: ſi l'on ſuppoſe le mouvement de la terre d'Occident en Orient, une pierre qui ſeroit en A, s'écarteroit de la terre par une tangente; & parce que le point A iroit auſſi vîte, ſi le mouvement vers le centre K ne ſurmontoit pas ce mouvement, elle s'éloigneroit de la terre ſelon la ligne A I: Mais ce mouvement vers le centre étant plus fort, la pierre ne s'éleve pas; mais elle ne laiſſe pas de perdre une partie de ſa tendance au mouve-

ment vers K. La même choſe arrivera à une pierre qui ſera au point G, mais ſa tendance au mouvement par la tangente ſera beaucoup moins forte; parce que le point A ſe meut beaucoup plus vîte que le point G: Donc il retardera moins une pierre qui tombe de G vers K centre de la terre, & même la ſituation oblique du petit cercle G M à l'égard de la ligne G K, peut encore un peu diminuer de ce retardement vers le centre: car G L ligne oblique à K G, eſtant égale à G O, le point L ſera moins éloigné de K que le point O; par ces deux cauſes la pierre étant lâchée en I, deſcendra moins vîte vers A, que la pierre en L ne deſcendra vers G: donc le mouvement du poids d'un pendule ſera plus lent vers A que vers G, & par conſequent pour les faire iſocrones, il faut que le fil du pendule ſoit plus court vers A que vers G.

Il eſt manifeſte qu'on ne peut trouver preciſément la même quantité d'eau dans toutes les experiences, & qu'on y trouvera toûjours quelque petite difference par pluſieurs cauſes, ſçavoir qu'il eſt difficile de commencer à compter les ſecondes au même moment que l'eau commence à couler; qu'on ne peut retirer le vaiſſeau preciſément quand la 30me ſecon-

de finit; que l'ouverture par où l'eau coule n'eſt pas parfaitement perpendiculaire, ou qu'elle n'eſt pas exactement d'un pouce, ou que le fil du pendule ſe peut un peu allonger ou accourcir pendant l'experience, ou enfin que la hauteur de l'eau eſt un peu plus ou un peu moins haute qu'une ligne à l'endroit de la petite lame M; toutes leſquelles choſes empêchent l'exactitude préciſe: mais entre le plus & le moins on a trouvé cette meſure de 13 pintes $\frac{3}{8}$. Si on veut ſçavoir l'eau que donnent des ouvertures circulaires plus petites, comme de 6 lignes de diametre ou de 4 lignes, il les faut placer en ſorte que leurs centres ſoient à 7 lignes au deſſous de la ſurface de l'eau du bacquet: car ſi le plus haut de chaque ouverture étoit placé à une ligne de diſtance de la ſurface, elles donneroient beaucoup moins d'eau que ſelon la proportion de leurs grandeurs; mais ſi on les diſpoſe en ſorte que le centre de leurs ouvertures ſoient à même diſtance de la ſuperficie de l'eau, elles donneront de l'eau à peu prés ſelon la proportion; voicy les experiences qui en ont été faites.

II. EXPERIENCE.

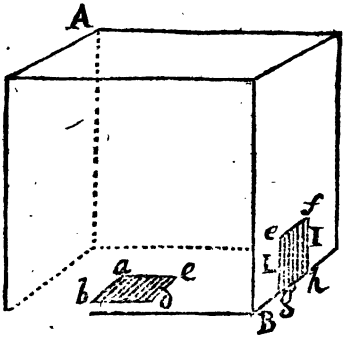
ON a fait couler plusieurs fois l'eau du même bacquet par une ouverture de 6 lignes dont le centre étoit toûjours à 7 lignes de distance de la surface de l'eau pendant l'écoulement, & on a trouvé entre le plus & le moins 15 demi-septiers en une minute, quoyque la surface de cette ouverture ne soit que le quart de celle d'un pouce circulaire, & que selon cette proportion il n'en dût sortir pendant une minute que le quart de 13 pintes $\frac{3}{8}$ selon la 4me regle de l'équilibre par le choq. Cette difference procede de plusieurs causes.

1° Qu'encore que l'eau du bacquet soit à une ligne de hauteur par dessus l'ouverture d'un pouce, elle n'y reste joignant cette ouverture que d'environ un tiers de ligne pendant son écoulement; ce que l'on connoît aisément par une particuliere reflexion de lumiere qui se fait en cet endroit où l'eau se baisse plus que dans le reste du bacquet, & ce baissement se fait à cause que l'eau qui succede à celle qui coule, doit venir des parties voisines, comme il a été expliqué cy-devant, & qu'y en ayant trop peu par le haut proche le trou, il faut qu'elle s'abbaisse presque toute pour passer; ce qui diminuë de la force

de la preſſion de l'eau, & retarde la viteſſe de l'écoulement.

2° Que venant peu d'eau par en haut, il faut en recompenſe qu'il en vienne de bien loin pour ſucceder à celle qui coule, ce qui retarde encore ſa viteſſe: mais la même choſe n'arrive pas au trou de 6 lignes, parce que ne devant donner que le quart autant d'eau que le pouce, & ſon ouverture étant ſurmontée de 4 lignes d'épaiſſeur d'eau, il ne s'y fait point d'enfoncement ſenſible; & par conſequent l'eau eſt preſſée par ces 4 lignes entieres, outre que l'eau qui doit ſucceder à celle qui coule, ne vient pas de ſi loin que quand l'ouverture eſt d'un pouce; & afin que le deſſus de l'eau, qui eſt directement au deſſus de l'ouverture d'un pouce, fût 7 lignes plus haut que ſon centre, il faudroit que dans le reſte du bacquet elle fût à 8 lignes de hauteur à peu prés.

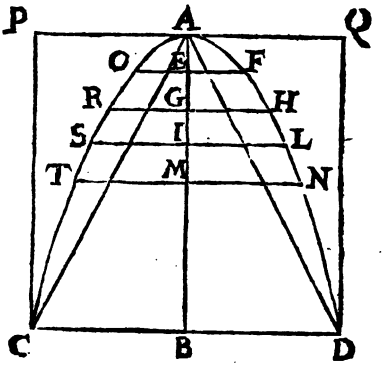
Il y a encore une autre cauſe, qui eſt que les viteſſes des écoulemens, étant en raiſon ſoudoublée des hauteurs des eaux, ainſi qu'il a été dit, s'il y a un bacquet comme A B percé au fond d'une ouverture horizontale, comme *a b c d*, & d'une autre verticale *e f g h*, égales entr'elles, & que l'eau ſoit élevée dans le bacquet à la hauteur preciſe *e f*, il ne doit ſortir par cette ouverture verticale



que les $\frac{2}{3}$ d'autant d'eau qu'il en ſortira par celle qui eſt au fond du bacquet en même temps, ſi on entretient l'eau à la hauteur *ef*; ce qui ſe prouve en cette ſorte.

L'eau qui ſort par le bas de l'ouverture verticale, *eb*, a ſa viteſſe à l'égard de celle qui ſort par L I en raiſon ſoudoublée de la hauteur *eg* à la hauteur *e* L, & de même à l'égard de toutes les diviſions horizontales qu'on peut faire dans le quarré *efgh*, à inégales diſtances; d'où il ſuit que ſi la viteſſe de l'eau de la 1ere diviſion vers le haut eſt 1 ou R. 1, celle de la 2me ſera R. 2, celle de la 3me R. 3 &c. ce qui eſt dans la même proportion que les ordonnées d'une parabole. Soit donc A C D une parabole, dont la baſe C D

ſoit celle du rectangle CDPQ, & ſoit diviſé l'axe AB en pluſieurs parties égales par les lignes EF, GH, IL, MN &c. paralleles à BD, ces lignes ſeront les ordonnées. Or par la proprieté de cette fi-



gure les quarrés des ordonnés ſont entr'eux, comme les ſegmens de l'axe qui leur correſpondent, AE, AG, AI, AM, &c. & ces ſegmens ſont entr'eux comme les nombres de ſuite 1, 2, 3, 4, &c. Donc ces quarrés ſeront auſſi entr'eux comme 1, 2, 3, 4, &c. & par conſequent les lignes OEF, RGH, SIL, TMN, ſeront entr'elles comme R. 1, R. 2, R. 3, R. 4, &c. Or ſi on prend toutes les ordonnées qu'on peut tirer parallelles à BD infinies en nombre

nombre pour la parabole, elles ſeront aux lignes infinies qui compoſent le rectangle C D A, comme la parabole eſt au rectangle; mais le triangle C A D, qui eſt la moitié du rectangle P Q C D, eſt les $\frac{2}{3}$ de la parabole, comme il a été prouvé par Archimede; donc ſi le triangle eſt 3, le rectangle ſera 6, & la parabole 4, donc elle eſt les $\frac{2}{3}$ du rectangle.

Ceux qui ne ſçavent pas les proprietez de la parabole, pourront connoître par le calcul cette verité à peu prés en prenant la ſuite de ces ordonnées en nombres, en tirant leurs racines quarrées, par la dixme, comme en la table ſuivante, où le premier rang vaut les nombres entiers, le ſecond les dixiémes, le troiſiéme les centiémes, &c.

Vaut.	*Nob.*	*Dix.*	*Cent.*	*Mil.*
R. 1	1.			
R. 2	1.	4.	1.	4.
R. 3	1.	7.	3.	2.
R. 4	2.			
R. 5	2.	2.	3.	6.
R. 6	2.	4.	4.	9.
R. 7	2.	6.	4.	5.
R. 8	2.	8.	2.	8.
R. 9	3.			
R. 10	3.	1.	6.	2.

R. 11	3.	3.	1.	6.
R. 12	3.	4.	6.	2.
R. 13	3.	6.	0.	5.
R. 14	3.	7.	4.	3.
R. 15	3.	8.	7.	2.
R. 16	4.			
R. 17	4.	1.	2.	3.
R. 18	4.	2.	4.	2.
R. 19	4.	3.	5.	8.
R. 20	4.	4.	7.	2.
R. 21	4.	5.	8.	2.
R. 22	4.	6.	9.	1.
R. 23	4.	7.	9.	2.
R. 24	4.	8.	9.	9.

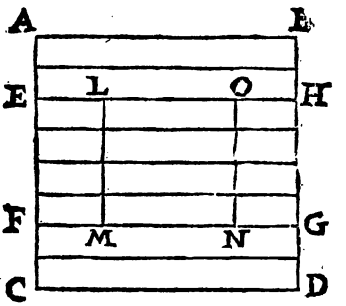
Or si l'on ne prend la somme que des 12 premiers nombres, elle est un peu plus grande que 29, & 12 fois le douziéme nombre sçavoir 3, $\frac{4}{10}$ $\frac{6}{100}$, $\frac{2}{1000}$, donne un produit un peu plus grand que 41 $\frac{1}{2}$, & par consequent cette somme qui est la parabole est plus grande que les $\frac{2}{3}$ de ce produit qui est le rectangle : mais si on prend celles des 24 nombres, on trouvera un peu plus de 79 pour la parabole, & le produit du dernier 4, $\frac{8}{10}$, $\frac{9}{100}$, $\frac{9}{1000}$ par 24 est un peu plus 117, dont les $\frac{2}{3}$ sont 78 & ainsi la somme de ces 24 nombres ne differe des $\frac{2}{3}$ de ce produit que de l'unité à peu prés, & on en approche plus que quand on ne prend que les 12 premiers

nombres, & ſi l'on continuë à augmenter la table par un plus grand nombre de diviſions, la difference de cette ſomme & de ce produit diminuëra toûjours, & l'on pourra juger qu'elle arriveroit enfin aux $\frac{2}{3}$ preciſément.

On voit auſſi que ſi on prend les 6 nombres du milieu des 12, ils ſurpaſſeront enſemble la ſomme des 3 premiers & des 3 derniers, & que la ſomme des 6 premiers & des 6 derniers des 24, ſera moindre que la ſomme des 12 du milieu, ce qui doit arriver neceſſairement; & on en fait la demonſtration en cette ſorte.

Les extrêmes des quarrez des nombres qui ſont en progreſſion arithmetique ſont plus grands que ceux des nombres du milieu comme les quarrez de 2 & de 8, qui ſont 68, ſont plus grands que 52 ſomme des quarrez de 4 & de 6, & l'excez eſt 16, produit du quarré de la difference par le nombre de la progreſſion: Or puis que les quarrez des ordonnées de la parabole ſont en progreſſion Arithmetique, & que les extrêmes enſemble ſont égaux à ceux du milieu, il s'enſuit que leurs racines ne ſont pas en progreſſion Arithmetique, & que les premieres, & les dernieres enſemble ſont moindres que

celle du milieu : Car ſi elles étoient égales ces quarrez extrêmes ſeroient plus grands ; & parce que les écoulemens des eaux ſuivent leurs viteſſes, il s'enſuit que

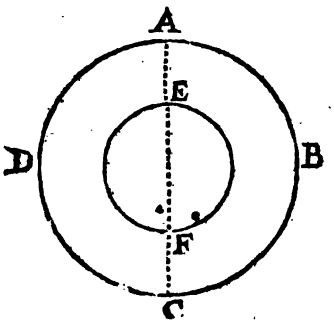


s'il y a 8 diviſions au quarré A B C D ; les 4 du milieu qui ſont le rectangle E F G H, donneront plus d'eau que les 4 extrêmes qui ſont les deux rectangles A H, F D, & que L M N O qui eſt la moitié de ce rectangle & le quart du grand quarré, donnera plus du quart de toute l'eau que donne le grand quarré.

Il arrive donc par cette cauſe & par celle de la difficulté de l'écoulement, qu'une ouverture quarrée de 6 lignes ayant l'eau 4 lignes au deſſus, donne plus que le quart de celle que donne un pou-

ce quarré ſurmonté ſeulement d'une ligne d'eau proche l'ouverture : il eſt vray qu'il y a un peu moins de frottement à proportion contre les bords du grand trou, que du petit, ce qui donne un peu d'avantage au grand : mais les autres choſes étant plus conſiderables, il doit toûjours ſortir plus d'eau à proportion par les moindres trous juſques à 2 lignes de diametre que par les plus grands ; ce que j'ay trouvé conforme aux experiences.

La même choſe doit arriver à peu prés, & par les mêmes cauſes aux ouvertures circulaires, c'eſt-à-dire que ſi l'on prend dans le grand cercle ABCD, le petit interieur & concentrique EF dont le diametre EF ſoit égal à la moitié de AC, & par conſequent la ſurface égale au quart de celle du grand cercle, il paſſera par cette ouverture un peu plus du quart de celle qui paſſera par l'ouverture entiere



que les dépenſes des jets d'eau ſe font ordinairement par de grandes hauteurs de reſervoirs & par de mediocres ouvertures d'ajutages, on doit plûtôt ſe regler par les experiences des mediocres ouvertures, comme de 6 lignes ou de 4 lignes, que par celles d'un pouce entier. J'ay pris un milieu entre les experiences de ces ouvertures differentes, & tant pour la facilité du calcul, que pour avoir une meſure certaine, & oſter toute difficulté.

J'appelle icy un pouce d'eau, l'eau qui coulant pendant l'eſpace d'une minute donne 14 pintes meſure de Paris, de celles qui paſſent un peu les bords, & qui peſent deux livres chacune. L'ouverture d'un pouce donnera cette quantité ſi l'eau eſt une ligne au deſſus de l'ouverture; mais il faudra qu'elle ſoit deux lignes plus haut dans le reſte du bacquet, afin qu'elle ſoit preciſément une ligne plus haut au deſſus de l'ouverture. Pour les ouvertures de 6 lignes & au deſſous, il ſuffira que l'eau du bacquet ſoit 7 lignes au deſſus des centres.

Cette meſure ainſi determinée eſt tres-commode pour le calcul, parce que dans l'eſpace d'une heure le pouce donnera 3 muids de Paris, & en 24 heures 72 muids. Ceux qui ignorent la meſure de Paris,

& qui connoiſſent la livre, pourront faire aiſément ces calculs, au lieu que ſi l'on prenoit pour le pouce 13 pintes & $\frac{1}{8}$ de celles qui preſent 2 livres moins 7 gros, il ne donneroit que 66 muids plus $\frac{63}{71}$ en 24 heures, & ces fractions donneroient beaucoup de peine quand on voudroit connoître les differentes dépenſes d'eau par des differens ajutages mis au deſſous de differentes hauteurs de reſervoirs. Pour confirmer cette regle, on a fait l'experience ſuivante.

III EXPERIENCE.

ON a pris un vaiſſeau quarré en tous ſens contenant un pied cube juſques au 12me pouce; mais la derniere diviſion étoit de deux lignes au deſſous du haut du vaiſſeau On y fit couler de l'eau par le moyen d'un baquet où il y avoit une ouverture d'un pouce circulaire, comme on l'a décrit cy devant; la petite lame M étoit 2 lignes $\frac{1}{4}$ plus haut que le deſſus de l'ouverture, en ſorte que joignant le deſſus de cette ouverture, la ſurface de l'eau demeuroit une ligne plus haut, quand elle étoit 2 lignes plus haut dans le reſte du baquet. Ce pied cube fut rempli juſques au 12 pouce inclus par l'eau coulante dans l'eſpace de deux minutes &

demie : d'où il s'enſuit que l'ouverture circulaire ainſi diſpoſée donna 14 pintes, ou 28 livres d'eau en une minute, puiſqu'elle donna 35 pintes en 2 minutes & demie.

On ſçaura facilement par ce moyen les pouces d'eau que donne une mediocre fontaine, ou un ruiſſeau coulant ; car il ne faut qu'en recevoir l'eau d'ans quelque vaiſſeau, ou dans quelque lieu qu'on puiſſe meſurer & qui tienne l'eau, en comptant quel nombre on voudra de minutes ou de ſecondes ; par exemple, ſi l'on a reçû dans le vaiſſeau 7 pintes en 30 ſecondes, on dira que cette eau coulante eſt d'un pouce ; ſi elle a donné 21 pintes on dira qu'elle eſt de 3 pouces ; & ainſi dans les autres proportions.

II. DISCOURS.

De la meſure des eaux jaillissantes ſelon les differentes hauteurs des reſervoirs.

IL a été prouvé que les quantitez d'eau qui ſortent par des ouvertures égales faites au deſſous des reſervoirs de differentes hauteurs, ſont entr'elles en la raiſon ſoudoublée des hauteurs ; mais pour confirmer cette regle par les experiences

j'en ay fait plusieurs avec une grande exactitude, dont voicy les principales.

I. EXPERIENCE.

Pour la dépense des eaux jaillissantes au dessous de differentes hauteurs de reservoirs.

UNe ouverture de 6 lignes ayant son centre à 39 lignes au dessous de la surface de l'eau du baquet, a donné en une minute 8 pintes $\frac{6}{7}$ de celles qui ne pesent que 2 livres moins 7 gros ; l'eau couloit horizontalement, comme en l'experience cy-dessus, où la même ouverture avoit son centre 7 lignes au dessous de la surface de l'eau du baquet, & donnoit 15 demi-septiers en une minute. Pour comparer ces deux experiences selon la regle, il faut prendre le nombre moyen proportionnel entre 7 & 39 qui est 16 $\frac{1}{2}$ à peu prés, & aux trois nombres 7, 16 $\frac{1}{2}$ & 15 trouver le 4me proportionnel, qui est 35 $\frac{3}{7}$ à peu prés; 35 demi-septiers $\frac{3}{7}$ font 8 pintes $\frac{6}{7}$, & par consequent ces dépenses d'eau ont été selon la raison soudoublée des hauteurs des reservoirs.

II. EXPERIENCE.

UN tuyau ayant sa hauteur de 16 pouces a donné par une ouverture de 3 lignes un peu foibles, appliquée au fond par où l'eau couloit perpendiculairement 2 pintes & demie & environ 2 cuillerées, en 30 secondes, entretenant toûjours l'eau à cette hauteur de 16 pouces ; on a mis au fond d'un autre tuyau la même plaque où étoit cette ouverture de 3 lignes ; ce 2me tuyau avoit la hauteur de son eau à 64 pouces qui est une hauteur quatruple de la premiere de 16 pouces, & par consequent il devoit donner le double de deux pintes $\frac{1}{2}$ & 2 cueillerées, en entretenant toûjours l'eau à cette hauteur de 64 pouces, ce qu'on a prouvé par experience ; car il est sorti de ce tuyau 5 pintes & environ 4 ou 5 cueillerées d'eau dans le même temps de 30 secondes : cette experience a été faite avec grand soin & reïterée jusqu'à trois fois. On en a fait encore quelques autres pour les eaux qui jailliſſent de bas en haut jusques à 5 ou 6 pieds de hauteur, & on a toûjours trouvé la même raison soudoublée des hauteurs des reservoirs. On pourra donc prendre pour veritable la regle suivante.

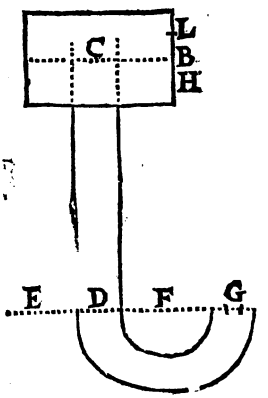
REGLE.

Pour la meſure des eaux jailliſſantes.

LEs jets d'eau qui ſortent par des ouvertures égales au deſſous de differentes élevations de reſervoirs, dépenſent de l'eau à l'égard l'un de l'autre, ſelon la raiſon ſoudoublée des hauteurs des ſurfaces, ſuperieures de l'eau des reſervoirs. Pour pouvoir trouver aiſément par le calcul toutes les quantitez d'eau que donnent les reſervoirs, de quelques hauteurs qu'ils ſoient, j'ay choiſi une hauteur mediocre à laquelle on peut rapporter aiſément toutes les autres; cette hauteur eſt 13 pieds, & j'ay trouvé par pluſieurs experiences tres-exactes qu'une ouverture ronde de 3 lignes de diametre étant à 13 pieds au deſſous de la ſurface ſuperieure de l'eau d'un large tuyau, donnoit un pouce, c'eſt à dire qu'il en ſortoit pendant le temps d'une minute 14 pintes meſure de Paris, de celles qui peſent 2 livres, & dont les 35 font le pied cube.

Les experiences ont été faites en cette maniere; le tuyau étoit recourbé par embas, & avoit un reſervoir C qui tenoit environ 20 pintes, le trou de 3 lignes étoit au point G, ſon diametre étoit tel que

les deux pointes d'un compas dont l'ouverture étoit de 3 lignes juſtes, entroient dedans preciſément ſans s'appuyer ſur les bords & ſans laiſſer d'intervalle vuide. D E G F eſt une ligne horizontale où étoit l'ouverture G, il y avoit 13 pieds depuis D juſques à C où étoit la ſurface de l'eau dans le reſervoir; on avoit meſuré 14 pintes dans trois vaiſſeaux, & l'on s'accordoit à les verſer de maniere que l'eau demeuroit toûjours à une marque B faite à côté du reſervoir à la hauteur C, & lors qu'en verſant l'eau baiſſoit de quelque ligne, on en verſoit un peu plus vîte juſques à ce qu'elle paſſât la marque d'autant de lignes à peu prés; on tenoit l'ouverture G fermée avec le pouce, & l'on mettoit en mouvement le pendule à ſecondes : celuy qui tenoit l'ouverture fermée commencoit à l'ouvrir au commencement d'une ſeconde, & comptoit les ſecondes de ſuite en diſant 0,1,2,3 &c. ceux qui verſoient l'eau prenoient garde, que lors qu'on com-



mençoit à compter l'eau fût preciſément à la hauteur de la marque, & ils achevoient de verſer leurs 14 pintes entre 0, & la 60me ſeconde. Je fis cette experience d'une autre maniere pour éviter le doute de l'inegalité de l'eau qu'on verſoit; on mit 7 pintes dans le reſervoir depuis une marque comme H juſques à une autre comme L en égale diſtance du point B; on tenoit l'ouverture fermée juſques à ce qu'on commençaſt à compter les ſecondes, & on obſervoit que le haut de l'eau étoit au point L.

Il eſt aiſé de juger que pendant cet écoulement il ſortoit ſenſiblement autant d'eau que ſi elle fût toûjours demeurée à la hauteur mediocre B de 13 pieds, parce que ſi elle alloit plus vîte étant en L, elle alloit auſſi moins vîte, étant en H dans la même proportion.

Les experiences que j'ay faites à de grandes hauteurs comme 35 pieds, donneroient environ un 17me ou un 18me moins que ſelon la raiſon ſoûdoublée de 13 pieds à ces hauteurs, & celles que j'ay faites à des hauteurs de 6 ou 7 pieds, donnoient un peu plus; ce qui procede du frottement plus grand ou moindre contre les bords de l'ouverture de 3 lignes, & de la moindre ou plus grande reſiſtance de l'air: mais comme ces differences ſont peu conſiderables, on peut faire les calculs preciſé-

ment selon la regle de la raison soudoublée. Voicy une table des quantitez d'eau que donnent les reservoirs de differentes hauteurs jusques à 52 pieds par un ajutoir de 3 lignes de diametre.

TABLE DES DEPENSES d'eau à differentes élevations de reservoirs sur trois lignes de diametre d'ajutoir pendant une minute.

Hauteurs des Reservoirs	Depense d'eau.
6 pieds	9 pintes $\frac{1}{2}$
9 pieds	11 pintes $\frac{2}{3}$
10 pieds	14 pintes
18 pieds	16 pintes $\frac{1}{2}$
25 pieds	19 pintes $\frac{1}{3}$
30 pieds	21 pintes $\frac{1}{3}$
40 pieds	24 pintes $\frac{1}{2}$
52 pieds	28 pintes.

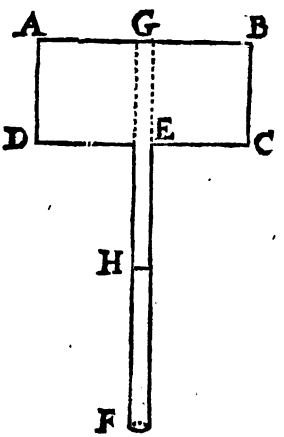
Voicy comme on en fait les calculs; soit 2 pieds la hauteur du reservoir, le produit de 2 par 13 est 26, dont la racine est $5\frac{1}{10}$ à peu prés; comme 13 à $5\frac{1}{10}$, ainsi 14 pintes à $5\frac{1}{2}$ à peu prés: d'où l'on conclut qu'un reservoir de 2 pieds de hauteur par 3 lignes, donnera 5 pintes & $\frac{1}{2}$ en une minute.

Si la hauteur étoit 45 pieds on prendroit la racine quarrée de 585 produit de 13 par 45, cette racine est $24\frac{3}{16}$ à peu

prés ; donc comme 13 à 24 $\frac{3}{16}$ ainsi 14 à 26 à peu prés, d'où l'on connoîtroit qu'un reservoir de 45 pieds donneroit 26 pintes en une minute par une ouverture de 3 lignes.

Lors qu'on applique un long tuyau étroit à un large reservoir, & que ce tuyau est perpendiculaire, il donne plus d'eau que si le tuyau n'y étoit pas, & qu'il y eût seulement au bas du reservoir une ouverture égale à l'ouverture du tuyau. Voicy quelques experiences que j'en ay faites.

ABCD est un reservoir d'un pied de largeur & de hauteur, on met à l'ouverture E un tuyau de verre de 3 pieds, large de 3 lignes en haut & de 3 lignes $\frac{1}{2}$ en bas vers F : s'il n'y eût eu qu'un trou de 3 lignes en E sans tuyau, il eût donné en 60 secondes un peu moins de 4 pintes selon les regles cy-dessus ; & s'il eût été large également par



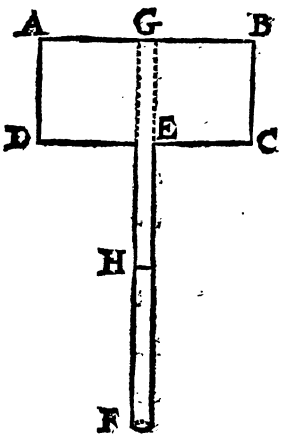
tout comme A B, la hauteur G E étant de 4 pieds & l'ouverture E étant de 3 lignes, il eût donné environ 8 pintes $\frac{1}{3}$ par les mêmes regles; mais le tuyau y étant, il n'a donné environ que selon la moyenne proportionnelle entre 4 pintes & 8 pintes $\frac{1}{3}$; la cause de ce qu'il donne plus que par 3 lignes en F, procede de l'acceleration qui se fait de l'eau coulante par le tuyau qui augmenteroit selon les nombres impairs, s'il n'y avoit que le tuyau, mais elle est retenuë par celle qui est dans le reservoir qui diminüe cette acceleration, parce qu'elle ne peut s'en separer; mais aussi celle du tuyau fait suivre plus vîte celle qui est dans le reservoir, qu'elle ne feroit si le tuyau n'y étoit pas ajuté, & par ce moyen il se fait une vîtesse moyenne d'écoulement qui change selon la longueur & la largeur des petits tuyaux.

J'ay remarqué dans ces experiences que le tuyau étant inégalement large aux deux extremitez comme en celuy-cy qui étoit de 3 lignes à un bout, & de $3\frac{1}{2}$ à un autre, il donnoit toûjours la même quantité quelque bout qu'on mît dans le trou E; ce qui procedoit de ce que toute l'eau se vuidoit toûjours en même temps, demeurant tout remply d'un bout à autre.

J'ay fait une autre experience semblable; on avoit soudé un tuyau de 6 pieds & d'un pouce de largeur à l'ouverture E d'un

pied cube, qui ayant été rempli d'eau avec le tuyau s'eſt vuidé en 37 ſecondes, & ayant coupé le tuyau par le milieu H, il ſe vuida en 45, & le coupant par le haut E, il ſe vuida en 95; d'où l'on voit que la longueur du tuyau donne plus d'acceleration.

Un autre baquet dont l'eau étoit à 4 pouces au deſſus du trou E, de 4 lignes où eſt le tuyau E F, a donné lors qu'il étoit de 2 pieds de hauteur 12 meſures $\frac{1}{2}$ de celles dont il n'eût donné que $8\frac{1}{2}$ par la hauteur de 4 pouces; & ſi le baquet eût été juſques à F, il en eût donné juſques à $18\frac{1}{2}$; ainſi c'eſt un moyen proportionel qui procede de l'acceleration de l'eau qui remplit toûjours le tuyau, & fait deſcendre plus vîte l'eau par F mais non pas ſi vîte que ſi le baquet avoit pouces de hauteur: on a trouvé ces $8\frac{1}{2}$ le me tuyau n'ayant qu'un pouce de hau-



teur, parce qu'il ſe faiſoit peu d'acceleration : un autre tuyau de 4 pieds fit preſque le même effet ; il avoit 4 lignes à un bout & $4\frac{1}{2}$ à l'autre, on le mit au trou E ſelon les deux poſitions, & il donna la même quantité d'eau, ſinon qu'il ſembloit que les 4 lignes étant en E & les $4\frac{1}{2}$ en F, il en ſortit 3 ou 4 cüeillerées davantage.

Mais ayant appliqué un tuyau étroit de 2 pieds & demi de longueur & $\frac{1}{4}$ de lignes d'ouverture, il n'en eſt pas ſorty $\frac{1}{9}$ davantage, quand le tuyau étoit de ſa longueur, que quand il étoit ſeulement d'un pouce ; ce qui procede du frottement le long du tuyau étroit qui empêche l'eau d'accelerer ſa vîteſſe en tombant.

III. DISCOURS.

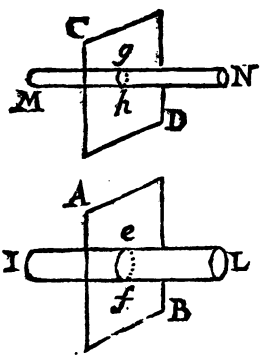
De la meſure des eaux jailliſſantes par des ajutoirs de differentes ouvertures.

ON a veu dans le 3me Diſcours de la 2me Partie, que les eaux qui jailliſſoient avec des vîteſſes égales par de differentes ouvertures faiſoient équilibre par leur choq avec des poids qui étoient l'un à l'autre en raiſon doublée des diametres des ouvertures : on doit dire la même choſe à l'égard de la dépenſe de

l'eau qui ſort par des ajutoirs differens au deſſous des reſervoirs d'égales hauteurs, ſçavoir qu'ils dépenſent de l'eau ſelon la raiſon doublée des diametres des ouvertures, on en fait la demonſtration en cette ſorte.

DEMONSTRATION.

A B eſt un plan percé d'une ouverture ronde *e f*, C D eſt un autre plan percé d'un autre ouverture *g h* plus petite, I L eſt un cylindre paſſant entierement par l'ouverture *e f* en un certain temps, comme de 2 ſecondes ſelon une viteſſe uniforme ; M N un autre cylindre de même longueur, mais dont la baſe eſt plus petite, laquelle paſſe auſſi entierement par l'ouverture *g h* dans le même temps de deux ſecondes ; il eſt manifeſte que ſi le diametre *e f* du cylindre I L qui eſt le même que celuy de l'ouverture, eſt double du diametre *g h*, le grand cylindre ſera quadruple de l'au-



tre, puis-qu'ils ſont l'un à l'autre comme leurs baſes, dont chacune eſt ſuppoſée égale à l'ouverture par où ils paſſent: Or puis qu'ils vont de même viteſſe, quand la moitié du grand cylindre ſera paſſée, la moitié du petit le ſera auſſi, & ce qui ſera paſſé de l'un & de l'autre ſera toûjours dans la même proportion de 4 à 1: Donc ſi on ſuppoſe que ces cylindres ſoient des jets d'eau qui aillent de même viteſſe, il paſſera toûjours en même temps 4 fois autant d'eau par la grande ouverture que par la petite qui eſt la raiſon doublée des diametres, des ouvertures, & de même à l'égard des autres proportions, pour confirmer cette regle, on a fait les experiences ſuivantes.

I. EXPERIENCE.

UN reſervoir ayant 12 pieds 4 pouces d'élevation, a donné par une ouverture de 3 lignes bien meſurées 14 pintes en 61 ſec. $\frac{1}{2}$, en l'entretenant plein & par un trou de 6 lignes bien meſurées, il a donné la même quantité en 15 ſecondes $\frac{1}{2}$ c'eſt à peu prés ſelon la proportion doublée des diametres: car il en eût donné 56 pintes $\frac{1}{2}$ environ dans le temps de 62 ſecondes.

II. EXPERIENCE.

UN reſervoir de 24 pieds 5 pouces de hauteur a donné par la même ouverture de 3 lignes 14 pintes en 44 ſec. $\frac{1}{2}$ & une autre fois en 45; & l'ouverture de 6 lignes les a données en 11 & $\frac{1}{4}$ à peu prés ; & ayant reïteré l'experience, elles les a données en 11 ſec. preciſément. Par ces deux experiences & par pluſieurs autres ſemblables qu'on a faites dans des mediocres hauteurs depuis 5 pieds juſques à 27, on a trouvé que les differentes ouvertures donnoient toûjours de l'eau ſenſiblement & à fort peu prés ſelon les proportions de leurs ſurfaces, & qu'on peut ſuivre cette regle.

REGLE.

Pour la dépenſe des eaux jailliſſantes.

LEs jets d'eau par differentes ouvertures miſes au deſſous de reſervoirs d'égales hauteurs, donnent de l'eau ſelon la raiſon des ouvertures, ou ſelon la raiſon doublée des diametres des ouvertures.

TABLE DES DEPENSES d'eau pendant une minute par differens ajutoirs ronds, l'eau du reservoir étant à 23 pieds de hauteur.

Diametres.	*Depenſes.*
Par l'ajutoir de 1 ligne	1 pinte & $\frac{10}{18}$
par 2 lignes	6 pintes $\frac{2}{9}$
par 3 lignes	14 pintes
par 4 lignes	25 pintes à peu prés
par 5 lignes	39 pintes
par 6 lignes	56 pintes
par 7 lignes	76 $\frac{1}{4}$
par 8 lignes	110 $\frac{5}{9}$
par 9 lignes	126
par 12 lignes	224 pintes

Si l'on veut ſe ſervir du calcul des pouces, on trouvera que l'ouverture de 3 lignes donnera un pouce, celle de 6 lignes 4 pouces, & celle de 12 lignes 16 pouces.

Il y a quelques fois des cauſes qui empêchent l'exactitude de ces regles, de maniere que fort ſouvent les grandes ouvertures donnent un peu plus à proportion que les plus petites, & quelquesfois elles donnent moins. De même les plus grandes hauteurs donnent quelques fois un peu plus que ſelon la raiſon ſoudoublée,

doublée, & quelquefois elles donnent un peu moins. J'en ay fait les experiences ſuivantes.

III. EXPERIENCE.

JE pris un tuyau de demi pied de diametre & d'environ 6 pieds de hauteur, ayant un tambour ou reſervoir au haut qui contenoit environ 12 pintes ; je mis au fond la même plaque percée d'une ouverture de 12 lignes qui avoit ſervy aux premieres experiences, & un autre de 4 lignes dans le même fond ; l'ouverture de 12 lignes étoit diſtante d'environ un pouce du bord de la baſe, & celle de 4 lignes auſſi à un pouce ; on mettoit un grand baquet au deſſous où il y avoit une ſeparation qui le diviſoit inégalement, on l'ajuſtoit en ſorte que l'eau qui couloit par les 4 lignes entroit en la petite ſeparation, & celle qui couloit par le pouce dans l'autre ; le tuyau étant plein, on laiſſoit couler en même temps les 2 ouvertures, & on retiroit le baquet tout à coup ; en ſorte que les 2 ouvertures ceſſoient d'y couler ſenſiblement en un même moment ; on a toûjours trouvé que le grand trou qui ſelon la 2me regle devoit donner 9 fois autant que le petit, n'en donnoit que 8 fois autant, & §

fois & quelque peu davantage dans d'autres experiences. La cauſe de cet effet eſt la même que celle dont on a parlé cy-devant, ſçavoir que l'eau ne coule pas ſi facilement par la grande ouverture que par la petite; car la grande devant donner 9 fois autant d'eau, il faut que celle qui doit ſucceder à celle qui coule, vienne de prés d'un pied de circonference, & la diſtance d'un côté du tuyau n'étoit que d'un pouce, & la plus éloignée ſeulement de 4 pouces; ce qui retardoit l'écoulement, l'eau ſuperieure ne pouvant venir auſſi vîte qu'il eût été neceſſaire, au lieu que dans la petite ouverture il ſuffiſoit d'une diſtance d'un pouce de tous côtez pour fournir aſſez vîte à l'écoulement; & cette difference faiſoit ce 9me de difference dans les quantitez des eaux écoulées, comme dans l'experience du pouce dont le centre étoit plus bas que la ſurface de l'eau de 7 lignes qui ne donnoit que 13 pintes $\frac{3}{8}$ au lieu que le trou de 6 lignes donnoit le quart de 15 pintes, ſon centre étant à la même diſtance de 7 lignes de la ſurface ſuperieure de l'eau.

IV. EXPERIENCE.

POur ôter cette difficulté de l'écoulement, on fit pluſieurs experiences

dans un tonneau dont le fond étoit assez large pour placer l'ouverture de 12 lignes à un pied du bord le plus proche, & on mit la petite ouverture à plus d'un pied de distance de la grande. L'experience ayant été faite avec le même baquet où il y avoit une separation, on trouva toûjours que la grande ouverture donnoit moins que 9 fois plus que la petite ; car il s'en manquoit quelquefois $\frac{1}{18}$, & quelque fois $\frac{1}{20}$, c'est à dire que si la petite avoit donné chopine, la grande donnoit 8 chopines & demie ou 8 chopines & $\frac{3}{5}$, on mesura exactement de nouveau les 2 ouvertures, & on trouva que celle de 12 lignes étoit tant soit peu plus forte à proportion que celle de 4 lignes, du moins on étoit asseuré qu'elle n'étoit pas plus foible, & par consequent que le défaut de la quantité d'eau qu'elle devoit donner, ne procedoit pas de cette cause. Dans les experiences qu'on fait separément avec des ouvertures differentes, les grandes ouvertures donnent ordinairement plus à proportion que les petites, il y a trois causes qui peuvent contribuer à cet effet.

La premiere, qu'il y a plus de frottement à proportion dans les petites ouvertures que dans les grandes ; car les circonferences des ouvertures differentes

ne ſont l'une à l'autre que ſelon la raiſon des diametres, au lieu que les eaux qu'elles donnent ſont en raiſon doublée des mêmes diametres : Or ſi l'on ſuppoſe que l'eau par ſa viſcoſité s'attache un peu aux bords des ouvertures, il faudra retrancher par cette raiſon une petite partie de la largeur des diametres. Par exemple à une ouverture de 3 lignes, on peut retrancher $\frac{1}{10}$ de ligne ; c'eſt pourquoy à une ouverture de 6 lignes, quoique le quarré de 6 ſoit quadruple du quarré de 3, & que les ouvertures rondes ſoient entr'elles comme les quarrez, dont les côtez ſont égaux aux diametres des cercles, neanmoins la circonference de l'ouverture qui a 6 lignes de diametre, ſera ſeulement double de celle qui a trois lignes ; c'eſt pourquoy il ne faudra retrancher qu'un cinquiéme ou deux dixiémes pour cet empêchement ; d'où l'on voit que les jets de plus grande ouverture ne ſont pas ſi fort retardez & empêchez que les petits, & donnent plus d'eau à proportion de leurs diametres.

La ſeconde cauſe eſt qu'un petit filet d'eau trouve plus de reſiſtance dans l'air à ſa ſortie, qu'un gros jet, comme il arrive aux petites balles de plomb qui ne vont pas ſi loin que les groſſes, quoy qu'elles ſortent d'un même mouſquet en même temps.

La troiſiéme cauſe eſt le choq plus grand de l'eau qu'on verſe pour entretenir l'écoulement des plus grandes ouvertures. Car pour entretenir un reſervoir plein, dont l'eau ne ſort que par 4 lignes, il ſuffit de verſer l'eau tout doucement avec un petit vaiſſeau : mais lorſque le jet eſt de 12 lignes de largeur, il faut verſer l'eau à plein ſeau, & avec une grande viteſſe ; ce qui donne une impulſion à l'eau qui la fait aller plus vîte que s'il n'y avoit que le ſeul poids qui la pouſſât ; on en a fait l'experience en mettant horizontalement une ouverture d'un pouce de hauteur & de 4 de longueur : car elle donne en 36 ſec. $\frac{1}{2}$ une quantité d'eau qu'elle ne devoit donner que dans le quart de 154 ſecondes, ſçavoir en 38 $\frac{1}{2}$, ce qui procedoit de ce qu'on verſoit avec grande force l'eau pour entretenir celle qui ſortoit, & même quand on n'entretiendroit pas les reſervoirs pleins, l'eau deſcend bien plus vîte par un tuyau de 3 ou 4 pouces de largeur quand le jet eſt gros, que quand il eſt petit ; ce qui augmente neceſſairement la viteſſe de la ſortie. Ces trois cauſes jointes enſemble ſont quelquefois un peu plus fortes que la ſeule difficulté de l'écoulement, & quelquefois elles ne font que l'égaler, lors-qu'on fait les expe-

riences ſeparément par de differentes ouvertures.

Voicy quelques experiences que j'en ay faites avec une ouverture de 3 lignes & une de 6 lignes.

I. EXPERIENCE.

L'Ouverture de 3 lignes ayant ſon reſervoir à 5 pieds & demi de hauteur a donné 14 pintes, de 2 livres de poids en 93 ſecondes, & l'ouverture de 6 lignes les a données en 23 ſecondes au lieu de 23 un $\frac{1}{4}$

II. EXPERIENCE.

UN reſervoir étant à 24 pieds & un peu plus, a donné par l'ouverture de 3 lignes 14 pintes en 44 ſecondes & demie, & par 6 lignes en 11 ſecondes en entretenant la hauteur de l'eau dans le reſervoir.

III. EXPERIENCE.

DE la hauteur de 12 pieds $\frac{1}{3}$ le trou de 3 lignes a donné 14 pintes mediocres en 61 ſecondes $\frac{1}{2}$, en l'entretenant plein, & par le trou de 6 lignes il les a données en 15 $\frac{1}{2}$.

IV. EXPERIENCE.

ON mit une marque dans le tambour ou reſervoir qui étoit au haut du tuyau plus haut que celle qui marquoit les 12 pieds 4 pouces, & un autre plus bas en égale diſtance, afin que laiſſant écouler l'eau depuis la marque ſuperieure juſques à l'inferieure, cela fiſt le même effet que ſi on l'avoit entretenu plein à 12 pieds 4 pouces; il entroit 13 pintes $\frac{1}{2}$ dans le reſervoir depuis la marque inferieure juſques à la ſuperieure; elles s'écoulerent par 3 lignes en 58 ſecondes, & par 6 lignes en 15 au lieu de 14 $\frac{1}{2}$.

V. EXPERIENCE.

LE reſervoir étant à 24 pieds 3 pouces, & à la marque du milieu a donné par les 3 lignes 14 pintes en 44 ſec. $\frac{1}{2}$, & par les 6 lignes en 12 & $\frac{1}{2}$ à peu prés & en laiſſant écouler les 13 pintes $\frac{1}{4}$ depuis la marque ſuperieure, il s'eſt employé 42 ſec. par les 3 lignes, & 10 $\frac{1}{2}$ par les 6 lignes : cette derniere experience rend les proportions égales auſſi-bien que la 2me.

On a trouvé à peu prés de même en un reſervoir de 35 pieds.

Par ces differentes experiences on voit que l'on peut ſuivre la 2me regle ſans craindre aucune erreur conſiderable, & que les cauſes contrariées font toûjours une compenſation aſſez juſte quand on fait les experiences.

A l'égard de la raiſon ſoudoublée des hauteurs de reſervoirs, il y a deux cauſes qui la diminuënt, & deux qui l'augmentent.

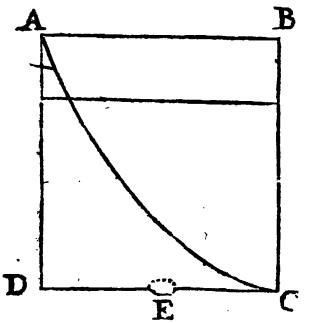
Celles qui la diminuënt, ſont que l'air reſiſte plus à proportion à une grande viteſſe qu'à une petite, & que le frottement eſt plus grand contre les bords de l'ajutage.

Celles qui l'augmentent, ſont les mêmes qui font quelquefois que les grandes ouvertures donnent plus d'eau à proportion que les petites, ſçavoir qu'il faut verſer l'eau avec plus de force, pour entretenir les reſervoirs pleins dans une grande hauteur que dans une petite, & que l'eau deſcend plus vîte quand on la laiſſe écouler.

Ces cauſes ſe compenſent aſſez juſtement l'une par l'autre : mais il arrive plus ordinairement qu'il y a un peu moins qu'à la raiſon ſoudoublée dans les grandes hauteurs : mais quand on fait les experiences dans un même fond de reſervoir en même temps, les grandes ouvertures donnent

nent toûjours moins à proportion que les plus petites.

Toricelly a demontré dans un petit Traité qu'il a fait du Mouvement des Eaux, que s'il y a un reservoir A B C D percé au fond en E d'une petite ouverture comme de 4 à 5 lignes, & que l'eau étant juſques à la ligne A B, elle puiſſe s'écouler en 10 minutes ſans y rien ajoûter, elle paſſera des eſpaces inégaux en deſcendant dans des temps égaux, en ſorte que ſi l'on diviſe la ligne BC en 100 parties égales, elle deſcendra pendant la premiere minute de 19 de ces parties pendant la 2me de 17, pendant la 3me de 15 &c. & ainſi de ſuite ſelon les nombres impairs juſqu'à l'unité, tellement que la derniere partie ſe vuidera en la derniere des 10 minutes. La raiſon de cet effet eſt fondée ſur la premiere regle expliquée cy-deſſus, que les viteſſes des eaux coulantes ſont en raiſon ſoudoublée des hauteurs, & par conſequent qu'elles ſont entr'elles, comme les ordon-

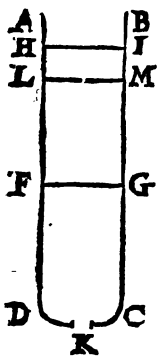


nées d'une parabole ABC commençant par la plus grande A B, & finiſſant au point C; ce qui fait que les eſpaces paſſez en même temps par la ſurface de l'eau A B ſont comme les nombres impairs de ſuite commençant par le plus grand.

De là on tire une conſequence, que ſi on meſure la quantité d'eau qui eſt contenuë dans le reſervoir juſques à la ligne A B, & qu'elle s'écoule en 10 minuttes, il en ſortira deux fois autant dans le même temps, ſi on entretient toûjours le reſervoir plein juſques à la hauteur A B, ce qui procede de ce que ſi une goutte d'eau étoit tombée dans un certain temps depuis B juſques à C, & qu'elle continuât ſa viteſſe acquiſe au point C ſans l'augmenter ny diminuër, elle paſſeroit dans le même temps un eſpace double de B C: Or l'eau qui ſort au commencement par l'ouverture E, a une viteſſe égale à celle que la goutte tombant auroit acquiſe au point C, & toute l'eau qui ſort a toûjours la même viteſſe ſi ce reſervoir demeure plein; c'eſt pourquoy il en ſortira deux fois autant dans les 10 minutes, qu'il en ſort en la laiſſant écouler ſans y rien ajoûter, & dans 5 minutes autant qu'il en contient.

Mais la même choſe n'arrive pas quand ce tuyau n'eſt que d'un demi pied de largeur & de 2 ou 3 pieds de hauteur, com-

me le tuyau A B C D, ayant l'ouverture K de 6 lignes : car la viteſſe de l'eau qui deſcend pendant l'écoulement, donne une impulſion à celle qui ſort, laquelle jointe au poids de l'eau, la fait aller plus vîte qu'elle ne fait quand elle deſcend tres-lentement, ce tuyau étant fort large. J'ay trouvé pluſieurs fois que ſi l'eau s'écouloit entierement d'un tel reſervoir en 4 minutes, qu'il s'en manquoit $\frac{1}{6}$ quand on l'entretenoit plein, qu'il n'en ſortît autant pendant 2 minutes ; & ſi ce tuyau contenoit 24 pintes & qu'elles s'écoulaſſent en 4 minutes, il n'en ſortoit que 20 pintes en l'entretenant plein pendant l'eſpace de 2 minutes, & pour en donner 24, il falloit 2 minutes & 24 ſecondes : ce defaut provient auſſi de ce que le jet eſt plus retardé par le frottement & par la reſiſtance de l'air à proportion quand il eſt vîte, que quand il eſt foible, comme on l'a expliqué cy-devant, & ainſi il eſt toûjours également retardé par ces deux cauſes, quand le tuyau eſt entretenu plein ; mais il l'eſt bien moins

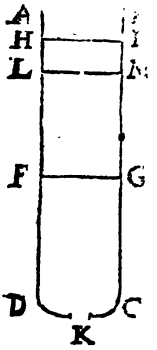


nd l'eau n'eſt qu'à la hauteur L M, &
ore moins quand elle eſt deſcenduë juſ-

qu'à FG. Il eſt vray que s'il ſe fait un tournoiement dans l'eau comme il arrive ſouvent, alors l'écoulement ſera retardé & pourra recompenſer l'effet de l'acceleration : ce tournoiement ſe fait lors que le trou n'eſt pas dans un même plan, & que l'eau coulante ſort un peu de travers en un endroit.

Dans la derniere experience que j'ay faite ſur cette matiere, l'eau avoit 10 pouces de hauteur au deſſus d'une ouverture de 4 lignes qui étoit coulée ſur le fond interieur du ſeau ; on avoit poſé à côté de l'ouverture à la même hauteur un bâton où l'on avoit pris 10 pouces qu'on avoit diviſez en 36 parties ; la premiere auprés de l'ouverture avoit une de ces parties ; la ſeconde 3 ; la 3me 5, la 4me 7, la 5me 9, & la 6me 11 : la premiere diviſion d'enhaut s'écoula en 39 ſecondes, les 2 ſuivantes de même ; la 4me n'employoit environ que 36 ſecondes, & chacune des deux autres encore moins, quoyque l'eau fiſt alors un tournoiement ; ce qui arrivoit par l'acceleration de la viteſſe de l'eau, quand elle étoit ſortie de l'ouverture. La même proportion s'obſerve encore bien moins quand l'ouverture eſt fort grande à proportion de la hauteur, comme ſi elle a ſon diametre égal à la 4me ou 5me part de celuy de la baſe du cylindre ABCI

car l'eau coulera en grande abondance, & par conſequent elle acce'erera beaucoup ſa viteſſe en deſcendant, & choquera ſi fort celle qui ſort, qu'encore qu'alors ſon poids ſoit moindre que lors-qu'elle étoit en A B, cette impulſion ſurpaſſera ce defaut, & il ſortira plus d'eau par l'ouverture K quand la ſurfac: ſuperieure ſera arrivée en H I ou L M, que quand elle étoit en A B. Cette verité ſe connoîtra aiſément ſi l'on conſidere que lors-que le tuyau eſt tout ouvert, l'eau ſuperieure deſcend en des temps égaux ſelon les nombres impairs de ſuite 11, 9, 7, 5, 3, 1, &c. & que lors-que le tuyau eſt fort large, & l'ouverture fort petite, elle deſcend ſelon les nombres 7, 9, 7, 5, 3, & il ſuit neceſſairement qu'on peut proportionner les hauteurs, les largeurs, & les ouvertures du tuyau, de telle ſorte qu'il ſe fera un temperament de viteſſe tel qu'on voudra dans les écoulemens, c'eſt-à-dire qu'on pourra faire paſſer les 2 moitiés en deux temps égaux, & que la 3me partie vers le bas ſe vuidera en un temps 3 fois

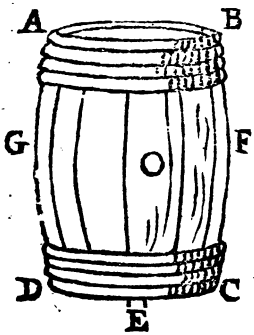


indre que le reſte, & ainſi des autres ries: mais lors-que l'eau ſera beaucoup

deſcenduë comme en F G, elle n'accelerera plus, mais elle diminuëra toûjours de viteſſe : car alors la preſſion ſera diminuée de plus de moitié, & l'acceleration ceſſera neceſſairement de beaucoup, & alors elle ira toûjours en diminuant juſques à la fin. On a experimenté dans un tuyau de verre de 5 pieds de hauteur, de 10 lignes de largeur, & de 2 lignes d'ouverture, diviſé en 5 parties, que la premiere ſe paſſoit en 7 meſures de temps, la 2me en 6, la 3me en 6, & la 4me en 7, à peu prés, & le reſte toûjours en diminuant : d'où il s'enſuit que dans un tel tuyau il y a deux endroits differens, l'un vers le haut, & l'autre vers le milieu du tuyau où l'eau deſcend avec la même viteſſe. On voit de là qu'il eſt impoſſible que l'eau deſcende uniformement tout le long des vaiſſeaux cylindriques quelques que ſoient les largeurs & les hauteurs, & les ouvertures ou ajutages : car ſi le poids qu'elle a en H I joint à l'impulſion de ſa viteſſe, la fait ſortir avec une certaine viteſſe par K, l'impulſion de la même viteſſe, ſi elle la conſervoit, joint au poids qu'elle a en L M, qui ſera la moindre, la fera ſortir moins vîte, & par conſequent l'eau ſuperieure deſcendra moins vîte en L M qu'en H I : d'où il s'enſuit que ſi dés le commencment l'eau ſuperieure diminuë de viteſſe

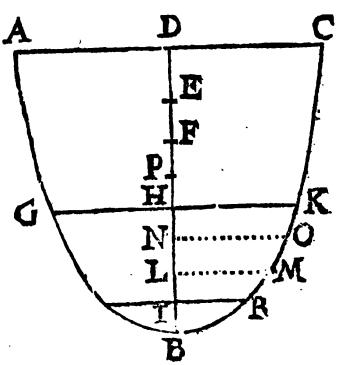
elle diminuëra toûjours jusques à la fin.

De là on pourra juger en combien de temps un muid ou autre vaisseau pourra se vuider en le laissant écouler par une certaine ouverture : car soit ABCD un muid de Paris posé de bout ayant une ouverture de 4 lignes en E, la hauteur ordinaire du vin entre les fonds qui est de 30 pouces ou 2 pieds & demi, par 13 pieds fait $32\frac{1}{2}$ dont la racine est 5 & $\frac{12}{17}$ à fort peu prés, & comme 13 à $5\frac{12}{17}$ ainsi 14 à $6\frac{1}{6}$ à fort peu prés : donc si l'ouverture E étoit de 3 lignes, il en sortiroit, le muid étant entretenu plein, 6 pintes & $\frac{1}{6}$ en une minute ; mais étant de 4 lignes, les surfaces de ces ouvertures sont comme 9 à 16 : donc comme 9 à 16 ainsi $6\frac{1}{6}$ à $10\frac{25}{27}$, c'est-à-dire à 11 un peu moins, & si 11 pintes me viennent d'une minute, quel temps me donneront 280, on trouvera environ 25 minutes & demie en entretenant toûjours le vaisseau plein d'eau : donc par ce qui a dit cy-dessus, il faudra le double de temps, sçavoir 51 minutes pour le laiſ-



ſer écouler : puiſque l'ouverture ſera tres-petite à proportion de la largeur, les renflemens A G D & B F C, n'apporteront point de difference conſiderable à ce calcul.

Il eſt bon de reſoudre icy un Probleme aſſez curieux que Toricelly n'a pas entrepris de reſoudre quoyqu'il l'ait propoſé ; ce Probleme eſt de trouver un vaiſſeau de telle figure qu'étant percé au fond d'une petite ouverture, l'eau ſuperieure paſſe en deſcendant des hauteurs égales en des temps égaux. Si dans la figure conoidale B L eſt à B N, comme le quarré quarré de



L M eſt au quarré quarré de N O, & B N à B H, comme le quarré quarré de

N O au quarré quarré de H K, & ainſi de ſuite, l'eau deſcendra depuis A D C uniformément juſques à l'ouverture, qui eſt en B: Car ſoit B P la moyenne proportionnelle entre B D & B H; dautant que les quarrez quarrez de K H & de D C ſont entr'eux comme les hauteurs B H, B D; les quarrez de H K, D C feront en raiſon ſoudoublée de B H à B D, ou comme les hauteurs B P, B D: Mais la viteſſe de l'eau qui ſort en B par la charge de la hauteur B D eſt à la viteſſe de celle qui ſort par la charge de la hauteur B H en raiſon ſoudoublée de B D à B H, c'eſt-à-dire comme B D à B P: Donc la viteſſe de l'eau deſcendante de H, eſt à la viteſſe de l'eau deſcendante de D, comme le quarré de H K au quarré de D C: Mais la ſurface circulaire de l'eau en H eſt à la ſurface circulaire de l'eau en D, comme le quarré de H K au quarré de D C: donc elles couleront & deſcendront auſſi vîte l'une que l'autre. Et ſi la ſurface A D C s'écoule en une ſeconde, la ſurface G H K s'écoulera auſſi en une ſeconde, puiſque les quantitez ſont comme les viteſſes. La même choſe arrivera aux autres ſurfaces en E, en F &c. Mais il faut que l'ouverture en B ſoit tres-petite afin qu'il ne ſe faſſe point

:celeration conſiderable, & que l'eau ne

:e par l'ouverture B ſenſiblement, que

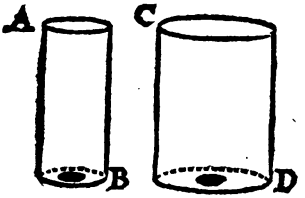
ſelon la proportion de ſon poids. Un tel vaiſſeau peut ſervir de Clepſidre ou Horloge d'eau.

EXPLICATION EN NOMBRES.

SOit D B 16 & B I l'unité, le quarré-quarré de I R ſera l'unité ſi le quarré-quarré de D C eſt 16, & par conſequent D C ſera 2 ſi I R eſt 1. Soit B H moyenne proportionnelle entre B I & B D, qui ſera par conſequent 4 : la viteſſe par le poids I B ſera 4 ſi la viteſſe par le poids D B eſt 16 : mais le cercle ou la ſurface I R ſera 1, & le cercle D C ſera 4 : donc ces quantitez ſeront comme leurs viteſſes, & par conſequent dans le même temps les ſurfaces, ou les cercles D C & I R s'écouleront ; & s'il faut une ſeconde de temps pour écouler la ſurface I R, il en coulera le quadruple en même temps par une viteſſe quadruple, c'eſt-à-dire la ſurface D C, puiſqu'elle eſt quadruple de l'autre. La même proportion ſe trouvera dans toutes les autres ſurfaces, qui compoſent toute l'eau, ou dans les ſolides qui ont une époiſſeur indefiniment petite. On ſuppoſe dans toutes ces experiences qu'il ne ſe faſſe point de tournoyement dans l'eau, ny de petit creux, comme dans les entonnoirs qui ſe vuident.

REGLE.

S'Il y a deux tuyaux AB, CD d'égale hauteur, & de largeur inégale, quelle que ſoit cette inégalité, & que l'eau ſorte de leurs fonds par des ouvertures égales, il ne ſortira pas davantage d'eau



du tuyau étroit que du large en même temps en les entretenant pleins, pourvû que le tuyau le moins large ait ſon diametre environ 4 fois auſſi grand que l'ouverture par où ſort l'eau, & que l'eau n'ait point de mouvement circulaire dans les tuyaux : Car l'eau ſortant par les ouvertures égales, élevera des poids égaux par ce qui a été dit cy-deſſus, elle ira donc auſſi vîte en l'un qu'en l'autre, & par conſequent il en ſortira auſſi autant d'eau en même temps.

S'il y a donc un reſervoir de 100 pieds de diametre, & un d'un pied qui ſoient d'égale hauteur, & percés au fond ou à côté d'ouvertures égales à même hauteur des ſurfaces d'eau, il en ſortira autant de l'un que de l'autre en même temps.

On fait icy une queſtion, ſçavoir ſi l'on a deux tuyaux d'un pouce de largeur, & inégaux en hauteur, par exemple l'un de 5 pieds, & l'autre de 10, & qu'on les empliſſe d'eau, s'ils donneront autant d'eau l'un que l'autre en même temps; on répond qu'ils en donnent ſenſiblement autant l'un que l'autre, parce que l'eau dans tous les deux tombe également vîte, comme deux cylindres inégaux de même matiere dans le commencement de leur chûte; parce que l'air reſiſte tres-peu à l'un & à l'autre, & ils s'accelerent ſenſiblement de même ſelon les nombres impairs: donc s'il ſort 6 pieds d'eau en un certain temps de l'un, il en ſortira autant de l'autre. Que ſi l'on retreſſit le grand tuyau juſques à 4 lignes à ſa baſe, il donnera plus d'eau dans le premier quart de ſeconde, qui s'il étoit tout ouvert: en voicy le calcul.

Le produit de 13 par 52 eſt 676 dont la racine eſt 26, comme 13 à 26, ainſi 14 pintes à 28; donc en une minute ce trou donnera 28 pintes, ou 56 livres; & par une ouverture de 4 lignes 99 livres $\frac{1}{2}$, & en une ſeconde environ 26 onces & demie, & en un quart de ſeconde 6 onces $\frac{1}{2}$: mais en un quart de ſeconde le cylindre d'eau ne deſcend que de trois quart de pied, qui ſur une largeur d'1 pouce ne vaut qu'un peu plus de 4 once

donc en un quart de ſeconde il eſt ſorty du grand cylindre 2 onces $\frac{1}{2}$ plus d'eau par l'ouverture de 4 lignes, que du petit cylindre tout ouvert.

IV. DISCOURS.

De la meſure des eaux courantes dans un Aqueduc, ou dans une riviere.

POur meſurer les eaux courantes dans la conduite d'un Aqueduc, ou celles d'une riviere, qu'on ne peut pas recevoir dans un vaiſſeau, on ſe ſervira de la methode ſuivante.

On mettra ſur l'eau une boule de cire chargée d'un peu de matiere plus peſante, en ſorte qu'il ne paſſe que fort peu de la cire au deſſus de la ſurface de l'eau de peur du vent, & aprés avoir meſuré une longueur de 15 ou 20 pieds de l'Aqueduc, on reconnoîtra avec un pendule à demi-ſecondes en combien de temps la boule de cire emportée par le cours de l'eau paſſera cette diſtance ; enſuite on multipliera la largeur de l'Aqueduc par la hauteur de l'eau, & le produit par l'eſpace qu'aura parcouru la cire ; le dernier pro- t qui eſt ſolide, marquera toute l'eau aura paſſé pendant le temps qu'on aura

remarqué, par une ſection de l'Aqueduc; pour faire cette operation avec juſteſſe, il faut que le lit de l'Aqueduc ait la même pente que la ſuperficie de l'eau qui y paſſe, & de plus l'on ſuppoſe que l'eau coule également vîte au fond, au deſſus, & aux côtez.

EXEMPLE.

ON ſuppoſe un Aqueduc qui ait deux pieds de largeur, & que l'eau y ſoit haute d'un pied, & qu'en 20 ſecondes de temps la cire ait fait 30 pieds, ce ſera un pied & demi par ſeconde; mais parce que l'eau va plus lentement au fond qu'au deſſus, il ne faut prendre que 20 pieds; ce ſera donc un pied par ſeconde; le produit d'un pied de hauteur par deux pieds de largeur eſt 2, qui multiplié par 20 de longueur, donne 40 pieds cubes, ou 40 fois 35 pintes d'eau qui font 1400 pintes en 20 ſecondes, & ſi 20 ſecondes donnent 1400, 60 ſecondes en donneront trois fois autant ſçavoir 4200 pintes, & diviſant 4200 par 14, qui eſt le nombre des pintes qu'un pouce d'eau donne en une minute ou en 60 ſecondes, on trouvera le quotient de 300, qui ſera le nombre des pouces que donnera l'eau de l'Aqueduc.

On calculera facilement par cette maniere le nombre des pouces que donne la riviere de Seine : Car puis-qu'il paſſe pardeſſous le Pont rouge en une minute 200000 pieds cubes d'eau, ſi on multiplie 35, qui eſt le nombre des pintes que contient un pied cube, par 200000, on aura 7000000 pintes, qui étant diviſées par 14 donnent 500000, qui eſt le nombre des pouces, que donne la riviere de Seine quand elle eſt dans ſa mediocre hauteur.

Si l'on veut calculer de grandes ouvertures, comme une toiſe quarrée, il faut conſiderer la hauteur de la ſurface de l'eau au deſſus du milieu de la toiſe ; ſoit par exemple 5 pieds, il y aura donc 8 pieds juſques au milieu de la toiſe. Le produit de 8 par 13 eſt 104, dont la racine quarrée eſt 10 & $\frac{1}{5}$ à peu prés ; comme 13 à $10\frac{1}{5}$, ainſi 14 à 11 à fort peu prés ; & parce qu'un pouce rond eſt 16 fois plus grand qu'un rond de 3 lignes, un pouce ſurmonté de 8 pieds donnera 16 fois 11 pintes, ou 176 pintes, qui diviſées par 14 donnent 12 pouces $\frac{4}{7}$ pour un pouce de diametre d'ouverture. Une ouverture ronde d'un pied de diametre donne 144 fois davantage, le produit de $12\frac{4}{7}$ par 144 eſt 1810 ; le pied rond donnera donc 1810 pouces. La toiſe ronde contient 36 fois un rond d'un pied, le

produit de 36 par 1810 eſt 65160, comme 11 à 14 ainſi 65160 à 82930 : Donc la toiſe quarrée ſurmontée de 5 pieds donnera 82930 pouces.

De là on connoîtra que ſi l'on avoit retenu la riviere de Seine quand elle eſt dans ſa grandeur un peu plus que mediocre, & qu'elle s'élevât juſques à 8 pieds au deſſus d'une ouverture quarrée de 10 pieds & de 18 pieds de largeur, elle y paſſeroit toute : car il y auroit juſques au centre du cercle qui auroit 10 pieds de diametre, 13 pieds depuis la ſurface de l'eau retenuë, & elle donneroit par 3 lignes de diametre d'ouverture un pouce ; par un pouce de diametre elle donneroit 16 pouces ; par un pied 144 fois 16 pouces qui font 230 $\frac{1}{4}$ pouces ; & multipliant ce nombre par 100 quarré de 10 pieds, qui eſt la largeur de l'ouverture, on auroit 230400 & ſelon la proportion du cercle au quarré circonſcrit, qui eſt de 11 à 14, on trouveroit 293236 pouces quarrez à peu prés, & y ajoûtant 8 pieds en longueur, on auroit plus de 500000 pouces, qui eſt ce que donne la riviere de Seine étant mediocre, comme il a été dit cy-devant ; & par conſequent elle paſſeroit toute par une ouverture quarrée qui auroit 18 pieds de largeur & 10 de hauteur.

Si l'eau coule par un Aqueduc, ou par un Canal de riviere ſelon une petite pente uniforme,

forme, elle acquerera dans un mediocre eſpace une viteſſe qu'elle n'augmentera plus : car le frottement des bords & du fond du Canal, & le renverſement des parties de l'eau du deſſus au deſſous, & la reſiſtance de l'air aux petites vagues qui ſont en la ſurface, luy font perdre une partie de ſa viteſſe, & par conſequent elle ne peut accelerer ſon mouvement que juſques à une certaine viteſſe qu'elle acquiert en peu de temps : d'où il s'enſuit que ſi une riviere a coulé par un aſſez long eſpace dans une certaine pente, & qu'elle coule enſuite par une pente moins roide, c'eſt-à-dire par un plan moins incliné, elle diminuë de viteſſe : car puiſqu'elle aura acquis dans la premiere pente toute la viteſſe qu'elle y peut avoir, qu'elle n'auroit pû acquerir dans une moindre, il s'enſuit qu'elle diminuëra de viteſſe peu à peu dans cette pente qui eſt moindre, juſques à ce qu'elle ſoit reduite à la viteſſe qu'elle y peut acquerir.

QUATRIEME PARTIE.

DE LA HAUTEUR DES JETS.

PREMIER DISCOURS.

De la hauteur des Jets perpendiculaires.

ON a fait voir cy-devant que les jets devoient monter à la hauteur des reſervoirs : mais que le frottement au bords des ajutages, & la reſiſtance de l'air faiſoient que dans les jets fort élevez, il s'en falloit beaucoup que la hauteur du jet n'arrivât à celle du reſervoir.

Pour bien expliquer les regles qu'on doit ſuivre pour calculer les hauteurs des jets, ſelon les hauteurs de l'eau des reſervoirs, il faut conſiderer les regles ſuivantes.

PREMIERE REGLE.

LOrs que les tuyaux qui fourniſſent l'eau ſont ſuffiſamment larges, plus l'aju-

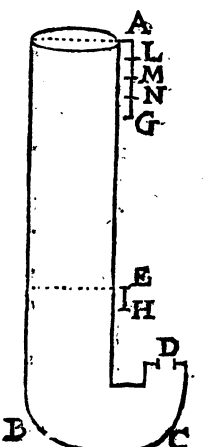
rage eſt large plus il pouſſe loin ſon jet. On en fait facilement l'experience, ſi l'on à un muid de bout plein d'eau, & qu'on le perce à côté vers le fond inferieur de 5 où 6 ouvertures differentes à même hauteur horizontale, comme d'une ligne, de 2 lignes, de 4 lignes, de 6 lignes, de 10, de 12 &c. Car on verra toûjours que la plus large ouverture pouſſera l'eau plus loin, pourvû que les ouvertures ſoient à même diſtance de la ſuperficie de l'eau. La même choſe arrivera dans des tuyaux de 3 ou 4 pouces de largeur pourvû que l'ouverture n'excede pas un pouce de diametre.

La cauſe de cet effet eſt aſſez aiſée à expliquer ſi l'on conſidere ce qui doit arriver à des boules de bois de differens calibres : car puis-qu'elles ſont l'une à l'autre en raiſon triplée de leurs diametres, leurs poids ſeront auſſi en même raiſon ; comme auſſi leur force pour ſurmonter la reſiſtance de l'air : & par conſequent ſi l'on jette avec la même viteſſe une boule de deux lignes de diametre, & une autre de 4, cette derniere ira plus loin. On en voit l'experience lors-qu'on met dans une même arme à feu de la poudre de plomb, de la dragée, & des balles ; car quoi qu'elles ſortent avec la même viteſſe, les dragées vont beaucoup plus loin que la poudre de

plomb, & les balles beaucoup plus loin que les dragées; & par la même raiſon un boulet de Canon ira plus loin qu'une petite balle de même métail pouſſée de même force. Il eſt vrai que ſi le reſervoir n'eſt qu'à 2 ou 3 pieds, un jet par 8 lignes ne ſera pas ſenſiblement different d'un jet par 10 ou 12 lignes, & un par 4 lignes ira ſenſiblement auſſi haut qu'un de 6 lignes: mais la difference ſera tres-conſiderable aux jets de 30, 50, & 60 pieds de hauteur, & au delà.

II. REGLE.

LEs jets diminuënt de la hauteur du reſervoir ſelon la raiſon doublée des hauteurs ou ils s'élevent.



Soit A B C un reſervoir où tuyau jailliſſant par l'ajutage D, & ſoit la hauteur de l'eau dans le tuyau ſucceſſivement A & E: Je dis que ſi la ligne E H eſt le defaut du petit jet juſques à E, & G A le defaut du grand jet juſques à A, A G ſera à E H en raiſon doublée de D H à D G.

Car ſoit ſuppoſé que le poids de l'air ſoit

au poids de l'eau comme 1 à 600, ou pour la facilité du calcul comme 1 à 60, & qu'une seule goutte ou parcelle d'air soit rencontrée tout auprés de la sortie de l'ajutage par la premiere goute d'eau du jet, & qu'ensuite elle monte librement comme dans le vuide. Il est évident par ce qui a été demontré dans les regles des mouvemens des corps qui se choquent, que la goutte d'eau perdra $\frac{1}{61}$ de sa viteſſe, ſi cette viteſſe eſt exprimée par 61. Soit donc DE 61, & DH 60, & que la goutte ſoit retardée de $\frac{1}{61}$ à ſçavoir EH. Soit maintenant la hauteur DA, la viteſſe de la goutte ſera à ſa premiere viteſſe en raiſon ſoudoublée de DE à DA, & cette goutte par la rencontre d'une petite parcelle d'air perdra encore la 61me partie de ſa viteſſe, & perdra une partie proportionnelle à HE ſelon la raiſon de DE à DA, ſoit AL cette diminution, DE ſera à DH, comme DA à DL: mais comme on a ſuppoſé une parcelle d'air pour l'eſpace DE, il y aura autant de parcelles d'air par l'eſpace DA, à proportion que DA ou DG eſt plus grand que DE ou DH, & chaque parcelle diminuant ſenſiblement la hauteur de la goutte d'eau dans la même proportion, ce ſera une ſeconde raiſon égale à la premiere, & par conſequent AL étant à AG comme DE à DA, ou HE à AL; AG

ſera le defaut de hauteur de l'élevation de la goutte d'eau ; mais parce qu'il y a pluſieurs parcelles d'air entre D & E, chacune deſquelles retarde le mouvement de la goutte dans les mêmes proportions, le mouvement de la goutte dans l'eſpace D E ſera beaucoup plus retardé que par la rencontre d'une ſeule parcelle comme on l'a ſuppoſé. Mais on peut conſiderer tous ces eſpaces d'air comme ſi ce n'étoit qu'une ſeule parcelle, & l'eſpace de l'air D A eſt auſſi dans la même proportion que D A à D E, & par conſequent il faut ajoûter une ſeconde raiſon égale à la premiere; d'où il s'enſuit que ſi A L eſt à A G en raiſon doublée de D E à D A; G A ſera le defaut du jet au deſſous de la hauteur de l'eau du reſervoir D A, ſi E H eſt celui de la hauteur D E; ce qu'il falloit prouver.

EXEMPLE.

SOit D A quadruple de D E, la viteſſe du jet de l'eau preſſée par D A ſera double de celle du jet de l'eau preſſée par D E; ſi l'on prend donc comme cy-deſſus la hauteur D E pour 61, la hauteur D H ſera 60; & comme la viteſſe du grand jet eſt double, & qu'il doit s'élever à une hauteur quadruple, il perdra par le

rencontre d'autant d'air qu'il y en a en D E, 4 fois autant de hauteur que H E, c'eſt-à-dire qu'au lieu que le jet devoit s'élever à D A 244, il ne s'élevera qu'à D L 240, mais l'eſpace E A étant diviſé en 3 parties égales, chacune ſera égale à D E, & ſi la premiere fait perdre la hauteur A L, la deuxiéme en fera perdre autant en la même proportion que les differentes parties de D E en font perdre au premier jet : car en quelque partie du jet que ce ſoit, la viteſſe du grand eſt toûjours double de celle du petit ; car il y a toûjours un eſpace quadruple de celui de l'autre à paſſer ; il perdra donc encore outre la premiere partie trois autres égales L M, M N, N G : & A L étant poſée 4, A G ſera 16 ; & par conſequent le defaut A G ſera au defaut E H en raiſon doublée de D E à D A, & ſi E H eſt d'un pouce, G A ſera de 16 pouces.

Le frottement change un peu ces meſures, & la complication des eſpaces de l'air qui reſiſte : car dans les grands jets il s'en faudra beaucoup que l'eſpace de l'air paſſé ſoit en la raiſon des hauteurs des reſervoirs, ce qui doit un peu diminuer du defaut, & c'eſt la hauteur des jets qu'il faut conſiderer, & ainſi ſi H D eſt 60, D G ſera 240, le petit reſervoir étant à 61. pieds, & le grand étant à 256 pieds.

Sur cette ſuppoſition il ſera facile de calculer les hauteurs des jets à toutes les hauteurs des reſervoirs une ſeule étant connuë, comme celle d'un reſervoir de 5 pieds, laquelle comme il a été trouvé par pluſieurs experiences, manque d'un pouce. Si donc on prend qu'un jet de 5 pieds dont l'eau qui le fournit n'eſt point ſerrée & coule facilement dans les tuyaux, doit avoir la ſurface de l'eau ſuperieure de ſon reſervoir à 5 pieds un pouce, un jet de 10 pieds aura la hauteur de ſon reſervoir à 10 pieds 4 pouces, celui de 15 pieds à 15 pieds 9 pouces, celui de 20 pieds à 20 pieds 16 pouces, & ainſi de ſuite ſelon les quarrez de ſuite. On ne fait point le calcul en diminuant les hauteurs des reſervoirs : car ſi l'on avoit pris un reſervoir de 100 pieds, il en faudroit diminuer 400 pouces, c'eſt à dire 33 pieds $\frac{1}{3}$; un de 200 pieds auroit de diminution environ 133 pieds ; & un de 400 pieds le quadruple de 133 pieds, ſçavoir 532, & par conſequent il ne jailliroit point du tout ; ce qui eſt impoſſible : car les jets juſques à cette hauteur doivent toûjours augmenter : mais il faut prendre que le jet de 200 pieds de hauteur aura ſon reſervoir à 333 pieds, & un jet de 400 pieds à 932 pieds.

Pour

Pour toutes les differentes hauteurs on ſe ſervira de la Table ſuivante.

Hauteur du Jet.	*Hauteur du Reſervoir.*
5. pieds	5. pieds 1. pouce.
10.	10. 4.
15.	15. 9.
20.	20. 16.
25.	25. 25.
30.	30. 36. ou 33. pieds.
35.	35. 49.
40.	40. 64.
45.	45. 81.
50.	50. 100.
55.	55. 121.
60.	60. 144. ou 72. pi.
65.	65. 169.
70.	70. 196.
75.	75. 225.
80.	80. 256.
85.	85. 289.
90.	90. 324. ou 117. pi.
95.	95. 361.
100.	100. 400.

Ainſi le jet de 30 pieds aura 33 pieds de reſervoir; celui de 60 pieds 72 pieds, celui de 90 pieds 117 pieds; celui de 100 pieds 133 pieds $\frac{1}{3}$; celui de 120 pieds 168 pieds: il ne faut point de table plus lon-

gue, car il n'eſt pas ordinaire de faire une hauteur de reſervoir de 168 pieds; & un jet de 120 pieds ſe diſſiperoit par ſa violence en petites gouttes imperceptibles, comme celles d'un broüillard; les tuyaux pourroient ſe rompre; & lorſque les tuyaux ſont étroits, ou que le trou du robinet qu'on tourne pour faire paſſer l'eau, eſt beaucoup plus étroit que le reſte du tuyau, les petits jets défaillent beaucoup plus que ſelon ces meſures; & alors il ſort beaucoup moins d'eau qu'à proportion des hauteurs des reſervoirs.

On calculera alors la dépenſe de l'eau ſelon les hauteurs des reſervoirs, auſquelles conviennent les hauteurs des jets; comme ſi un reſervoir de 30 pieds ne donne un jet que de 20 pieds par le defaut de l'empeſchement de ſa conduite ou d'autres choſes, alors il faudra calculer la dépenſe de l'eau, comme ſi le reſervoir étoit à 21 pieds 4 pouces avec une largeur de conduite ſuffiſante.

Pour connoître les diminutions des hauteurs plus que ſelon la regle quand les trous ſont petits, j'ay fait les experiences ſuivantes.

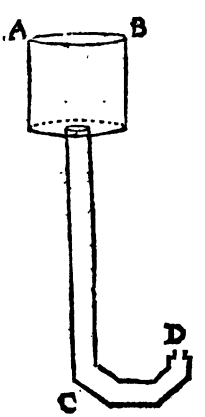
Le jet par une ligne à un tuyau de 4 pieds & demi manquoit de prés de 6 pouces.

A un tuyau de 14 pieds il manquoit de 3 pieds.

A un de 27 il manquoit d'environ 8 pieds ; ce qui montre que les jets étroits ne jailliſſent pas à leur veritable hauteur.

Pour connoître ſans calcul la hauteur des jets avant même que d'en faire aucune experience, il faut avoir une balle de plomb & une de bois, chacune de 5 lignes de diametre, & les jetter avec même force en haut : ſi celle de plomb s'éleve à 27 pieds, & celle de bois à 24 pieds $\frac{1}{2}$, ce ſera une marque qu'un reſervoir de 27 pieds ne fera ſon jet que de 24 pieds $\frac{1}{2}$ par un trou de 5 lignes : car encore que la balle de bois ſoit plus legere que l'eau, le plomb eſt auſſi un peu retardé par l'air ; & ſi l'on jette le même plomb avec une petite balle de bois d'une ligne, & que le plomb aille à 14 pieds, & la petite balle à 11, ce ſera une marque qu'un jet par une ligne à un reſervoir de 14 pieds ne montera qu'à 11 pieds.

Pour confirmer cette regle on a fait les autres experiences ſuivantes.



On a pris un tuyau de 5 pouces de largeur au haut duquel on avoit soudé un tambour d'un pied de diametre. La figure du tuyau étoit comme en la figure A B C D, la partie d'en bas étoit recourbée. On mit le reservoir A B à differentes hauteurs pour faire differentes experiences.

L'eau du reservoir étant à 24 pieds 5 pouces plus haut que l'ouverture D, le jet est monté à 22 pieds 10 pouces; l'ouverture de l'ajutage étoit de 6 lignes; le quarré de $22\frac{5}{6}$ est $521\frac{13}{36}$. C'est pourquoi nous faisons que comme 25 quarré de 5, est à $521\frac{13}{36}$, ainsi 1 pouce de hauteur de reservoir par dessus 5 pieds, est un peu moins de 21 pouces, qui doivent être ajoûtez aux 22 pieds 10 pouces pour avoir la hauteur du reservoir suivant les mesures de la Table precedente; ce qui fait 24 pieds & prés de 7 pouces, ce qui s'accorde assez bien avec l'experience.

Le jet de 4 lignes à la même hauteur

de reſervoir n'eſt monté qu'à 22 pieds 8 pouces $\frac{1}{2}$, & n'a été plus bas que d'un pouce ou 1 pouce & demi, que celui dont l'ajutage étoit de 6 lignes : mais celui de 3 lignes a été plus bas que celuy de 6 lignes de prés de 8 pouces, & n'a été qu'à 22 pieds 2 pouces.

Un reſervoir de 12 pieds $\frac{1}{3}$ a fait ſauter le jet de 6 lignes à 12 pieds, c'eſt un peu plus que ſelon la regle.

Un autre reſervoir à 5 pieds $\frac{1}{2}$ de hauteur dans une conduite fort large, les ajutages étant de 3 lignes, de 4 lignes, & de 6 lignes, les jets ont jailli à peu prés à 15 lignes au deſſous de la ſurface de l'eau du reſervoir, & celui de 3 lignes ne differoit de celui de 6 lignes que d'une ligne à peu prés. Par le calcul le quarré de 5 $\frac{1}{2}$ eſt 30 $\frac{1}{4}$, & par la regle 25 pieds eſt à 1 pouce, comme 30 $\frac{1}{4}$ à 1 $\frac{1}{5}$ un peu plus, ce qui donneroit la hauteur du reſervoir ſeulement moindre d'une demi-ligne, que par l'experience, ce qui n'eſt pas poſſible d'obſerver.

Les petits jets dans les petites hauteurs perdent fort peu par le choq de l'air, & ne ſont gueres moins hauts que ceux de 6 lignes, pourvû que les tuyaux ſoient ſuffiſamment larges ; le ſurplus de la longueur n'augmente point la hauteur du

jet, ny la quantité de l'écoulement, ou de la dépense de l'eau lors qu'on entretient les tuyaux pleins. Car le jet qui peut soûtenir l'eau qui doit sortir, est toûjours d'égale force, & supporte des poids selon la grandeur de l'ouverture de l'ajutage.

Le reservoir étant de 26 pieds 1 pouce, le trou de 6 lignes a jailli à 24 pieds 2 ou 3 pouces, & par la regle le quarré de $24\frac{1}{4}$ étant $588\frac{1}{16}$, comme 25 est à $588\frac{1}{16}$, ainsi 1 pouce à 23 pouces $\frac{1}{2}$ à peu prés, qui doivent être ajoûtez à 24 pieds 2 pouces pour faire la hauteur du reservoir, qui sera donc de 26 pieds 1 pouce $\frac{1}{2}$, comme l'experience le fait voir.

La même hauteur de reservoir avec un ajutage de 10 lignes a fait jaillir le jet à 23 pieds 9 pouces, & par un ajutage de 3 lignes il a jailli à 22 pieds. Dans la premiere de ces experiences le defaut de la hauteur procede de ce que l'ajutage étoit trop large pour une conduite de 3 pouces, & que l'eau y allant fort vîte avoit beaucoup de frottement; & dans la seconde c'étoit la petitesse du jet, qui ayant beaucoup d'air à traverser étoit considerablement retardé, & sa hauteur diminuée, comme il a été expliqué en la premiere & seconde consideration.

L'eau du reſervoir étant à 35 pieds de hauteur moins un demi-pouce, par un ajutage de 6 lignes, le jet eſt allé à 31 pieds 8 ou 9 pouces; & par la regle le quarré de 31 pieds $\frac{1}{2}$ étant 1002 à peu prés, & 25 eſt à 1002, comme 1 à 40 pouces à peu prés, c'eſt à dire 3 pieds 4 pouces, qui étant ajoûtez à 31 pieds 8 pouces, font 35 pieds; ainſi cette experience eſt conforme à la regle.

Pour le même reſervoir l'ajutage de 3 lignes à jailli à 28 pieds; celui de 4 lignes juſques à 30 pieds; & un de 15 lignes à 27 pieds ſeulement par les mêmes raiſons qui ont été dites; ſçavoir qu'en cette derniere experience la conduite du tuyau n'étoit pas aſſez large pour la groſſeur du jet & pour la dépenſe de l'eau; & dans les deux premieres, que la hauteur étant grande, l'air reſiſtoit trop au petit jet de 3 & 4 lignes.

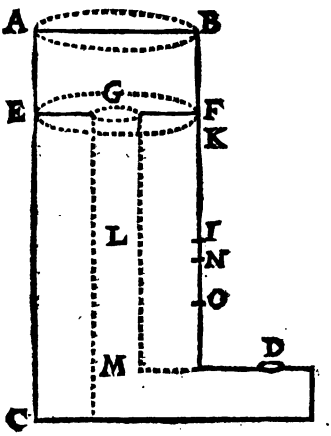
J'ay fait encore des experiences avec un reſervoir de 50 pieds de hauteur, & les jets ont ſuivi les mêmes regles, l'ajutage de 6 ou 7 lignes faiſoit les jets les plus hauts.

Lors qu'il y a un large reſervoir comme d'un pied au haut d'un tuyau de 50 ou 60 pieds de hauteur, & de 3 pouces de largeur; il arrive que lors qu'on laiſſe

aller un jet de 9 ou 10 lignes, il ne monte pas ſi haut qu'il devroit faire ſuivant cette hauteur de reſervoir ; car l'eau du reſervoir ne peut pas venir aſſez vîte des côtez qui ſont éloignez du trou pour entrer dans le tuyau, & il s'y fait ordinairement une eſpece d'entonnoir en tournoyant à cauſe de la trop grande dépenſe de l'eau qui ſe fait par l'ajutage joint au frottement dans le tuyau, comme il a été expliqué cy-devant. De là il arrive un effet aſſez ſurprenant, qui eſt que lorſque le jet eſt allé d'abord à une hauteur comme de 45 pieds, il diminuë, & ne va qu'à 44 pieds, & enſuite il remonte à 46, ou à 47, ce qui arrive dés que l'air peut entrer par l'ouverture du tambour : car alors, outre l'acceleration de l'eau qui va plus vîte, la hauteur du jet ſe fait ſelon la hauteur de l'eau depuis le fond du tambour, & elle n'eſt plus retenuë par l'eau ſuperieure : cette raiſon eſt confirmée par l'experience ſuivante.

On fit faire un reſervoir de 6 pieds de hauteur comme A B C D, & à un pied au deſſous du plus haut on ſouda une platine en dedans repreſentée par E F percée d'une ouverture de 8 lignes de diametre en G. On y verſoit de l'eau juſ-

ques à ce qu'elle commençât à couler par

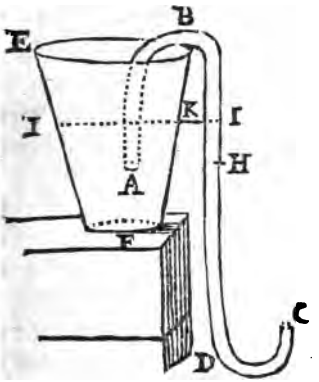


l'ajutage D, & l'on fermoit cette ouverture achevant de remplir le reſervoir. Pour avoir plûtoſt fait il faut faire un petit trou au deſſous de F comme en K, afin que l'eau entrant dans le reſervoir par l'ouverture G, l'air puiſſe enſortir facilement, & le fermer enſuite quand le tuyau ſera plein juſques à E F pour pouvoir achever de remplir le reſervoir juſques en AB. Ce reſervoir étant plein, on laiſſoit couler l'ouverture D, & le jet montoit au commencement

comme juſques en I, & diminuoit peu à peu juſques à ce que l'eau fût au deſſous de la platine ; car alors l'eau s'élevoit juſques vers K.

La cauſe de cet effet eſt la même que celle du plus grand écoulement de l'eau, lors qu'on met un tuyau étroit à l'ouverture d'un large reſervoir : car alors l'eau coule par le cylindre d'eau G L M D, de même que ſi c'étoit un tuyau, le reſte de l'eau n'ayant point de mouvement conſiderable à cauſe de la platine : mais lorſque l'eau eſt au deſſous de G, & que l'air commence à y paſſer, toute l'eau E F M eſt libre pour agir ſur D, & il doit jaillir juſque prés de F. L'effet ſera encore plus merveilleux ſi le trou D eſt de 6 ou 7 lignes, & le trou G de 3 ou 4 ; car le jet n'ira pas d'abord plus haut qu'en N, & décroîtra comme juſques en O, & l'eau étant au deſſous de G, il remontera juſque prés de F.

De même s'il y a un ſyphon, comme A B D C, qui faſſe couler l'eau d'un ſeau E F dont la ſurface eſt I K, par B H D C elle jaillira par un petit trou comme juſques en H ; & ſi le ſyphon étoit moins long, le jet s'éleveroit moins haut depuis ſon ouverture en C : mais lors qu'il n'y aura plus d'eau dans le



ſeau au deſſus de A, le tuyau ſe vuidera depuis A juſque vers B, & lors-que le haut de l'eau ſera en B, elle jaillira juſques en I ſi le ſiphon eſt de 5 ou 6 lignes de largeur, & l'ouverture C petite comme de deux lignes, parce qu'alors la viteſſe ſe fait par la hauteur C B, & au commencement elle ne ſe faiſoit que par la hauteur C K, & diminuoit toûjours juſques à ce que l'eau du ſeau fût au deſſous de A.

Il ſemble que c'eſt le poids de l'eau qui fait faire au jet l'élevation pour ſe reduire à l'équilibre, & que ſi l'on preſſoit l'eau qui eſt proche de l'ajutage par un poids égal à celui de l'eau du tuyau, le jet iroit auſſi haut: Voicy une experience que j'en ay faite pour le prouver.

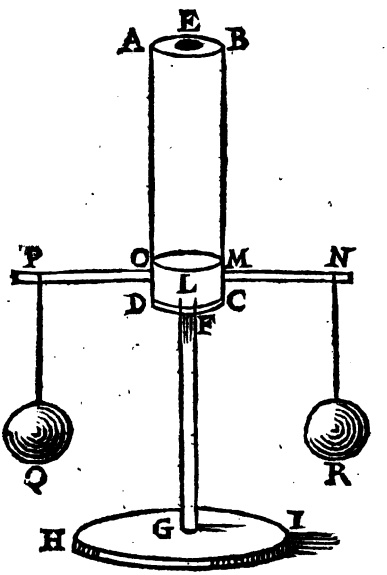
A B C eſt un tuyau de verre d'un pouce & demi de largeur, & ſa hauteur D A

eſt d'un pied, l'ajutage ou l'ouverture C eſt de 2 lignes ½; on verſe du mercure par A juſques à ce que le fond E F en ſoit rempli : on met enſuite de l'eau doucement en l'eſpace C F, aprés on ferme l'ouverture C avec le pouce, & l'on acheve de remplir de mercure le tuyau juſques en A. Lors-qu'on leve le pouce de deſſus l'ouverture C, l'eau C F s'éleve juſques à 12 ou 13 pieds à peu prés. La cauſe de cette grande élevation eſt la peſanteur ſpecifique du poids du mercure, qui eſt à celle de l'eau comme 14 à 1. Par conſequent un pied de mercure en D A peſera autant que 14 pieds d'eau, qui ſeroient dans un plus grand tuyau, & feront le même effort pour faire jaillir l'eau par C. Et parce qu'un reſervoir de 14 pieds, fait jaillir l'eau à 13 pieds environ, un pied de mercure doit faire le même effet. Il n'importe pas que le tuyau ſoit large ou étroit, pourvû qu'il ſoit proportionné à l'ouverture C.

Il s'enſuivra de ſemblables effets par des

poids poſez ſur une ſiringue, au lieu du poids de l'eau ou du vif argent.

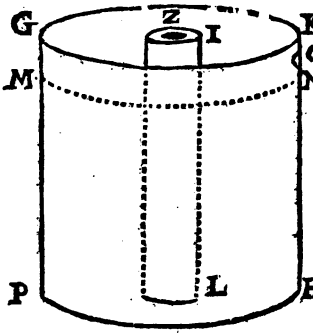
Soit par exemple A B C D une ſiringue



de 3 pouces de largeur ayant à ſa ſortie une ouverture de 4 lignes en E, le piſton eſt F G, qui a une platine H I au deſſous de ſon manche, auquel elle eſt attachée afin que la ſiringue puiſſe ſe ſoûtenir droite, le piſton étant dedans; il y a de

l'eau depuis le haut du piſton L juſqu'en E. M N, O P ſont deux bâtons attachez au corps de la ſiringue, d'où l'on ſuſpend deux poids égaux Q & R avec deux cordes de part & d'autre de la ſiringue : Je dis que ſi ces deux poids peſent 20 livres, le jet jaillira par E auſſi haut, que ſi un reſervoir, qui auroit communication avec l'ouverture E, & dont le tuyau qui renfermeroit l'eau, ſeroit égal en groſſeur au corps de la ſiringue A B C D, étoit aſſez haut pour contenir de l'eau peſant 20 livres. Or le tuyau étant large de 3 pouces, il aura 9 pouces de ſurface, dont chacun peſe 6 onces & $\frac{1}{8}$; c'eſt donc 55 onces, ou 3 livres 7 onces ſur chaque pied de hauteur ; & ſi le reſervoir étoit de 6 pieds, ce ſeroit 20 livres 10 onces : donc le jet iroit environ à 6 pieds, ſuppoſant que le frottement du piſton ne fût que de la valeur de 10 onces : ainſi ſi les deux poids étoient de 40 livres, ils feroient jaillir l'eau à 12 pieds à peu prés ; & s'ils étoient de 100 livres, elle jailliroit comme ſi le tuyau étoit de 30 pieds de hauteur.

Mais ſi l'on fait un tambour de cuivre G K P H, dont la platine ſuperieure ſoit bien époiſſe pour ſoûte-



nir un grand effort, & qu'on y mette un cylindre creux I L; le tambour étant rempli d'eau jusqu'à MN, qu'il y ait une ouverture O pour y siringuer de l'air par le moyen d'une soupape qui sera en dedans; ayant fermé le trou Z lors-que l'air sera condensé 4 fois, son effort sera égal à 4 fois 32 pieds d'eau; & si le tambour étoit d'un pied de diametre, chaque pied d'eau de hauteur peseroit 55 livres, ce seroit donc 128 fois 55 livres, ou 7040 livres; il faudroit donc la force de 7040 livres pour condenser l'air 4 fois: mais l'ouverture O étoit d'un quart de pouce, & la base H P d'un pied, la proportion seroit comme 1 à 2304, & la force de 4 livres feroit entrer de l'air jusques à 4 fois ce nombre, c'est-à-dire jusques à porter le poids de 9216 livres; il porteroit donc autant

de poids que celui de 128 pied d'eau, & par conſequent lors-qu'on ouvriroit l'ouverture Z, le jet iroit à prés de 100 pieds.

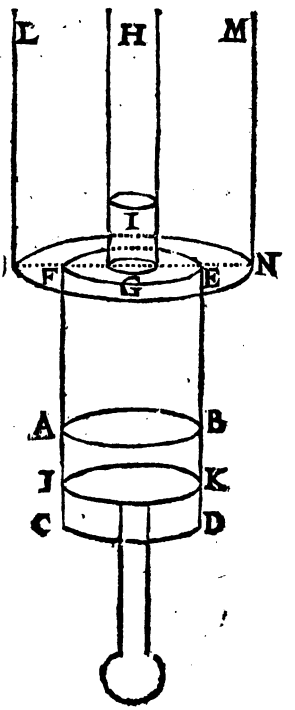
Que ſi le tambour étoit plus large, l'air qui ſeroit entre M N & G K, ne ſeroit pas plus difficile à condenſer par l'ouverture O, comme il a été prouvé dans le Traité de la Percuſſion, & il ne laiſſeroit pas de faire le même effort pour jaillir juſques à 128 pieds de hauteur, qu'un tuyau de toute la largeur plein d'eau.

J'ay fait encore l'experience ſuivante. J'ay pris deux ſiringues inégales, l'une avoit 2 pouces $\frac{1}{4}$ de diametre. & l'autre $3\frac{1}{4}$; dans celle de 2 pouces $\frac{1}{4}$ cinq livres de poids faiſoient deſcendre le piſton à vuide; & ayant empli toute la ſiringue, & pouſſant le piſton avec une force qui valoit à peu prés 12 livres, j'ay fait élever l'eau par un trou de 8 lignes à 4 pieds à peu prés : Or un pied de hauteur du tuyau de la ſiringue vaut à peu prés 32 onces ou 2 livres, & 4 pieds valent environ 8 livres: Si donc l'effort étoit de 13 livres, ôtant 5 livres pour le frottement du piſton, il reſtoit 8 livres pour le poids équivalant de l'eau d'un reſervoir de 4 pieds de haut un peu plus, & de 2 pouces & $\frac{1}{4}$ de diametre :

l'autre

l'autre ſeringue donna les mêmes choſes à proportion.

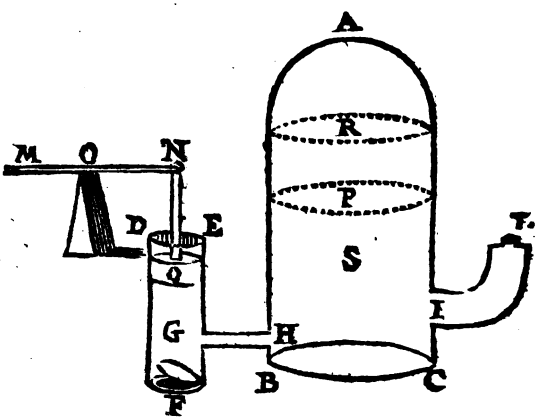
Si l'on pouſſe le piſton A B K I



dans ſon corps de pompe C D F E, qui

ſoit retreſſi plus haut, & comme on le voit en la figure I H, le grand frottement de l'eau le long du tuyau étroit, G I H, arrête conſiderablement la force de l'impulſion pour y faire paſſer l'eau contenuë en ABEF, & elle y paſſeroit mieux ſi cette conduite n'alloit que juſques en I, & beaucoup mieux ſi la conduite étoit plus large que le corps de pompe où le piſton jouë comme L M N O, ce qu'il faudra conſiderer quand on éleve de l'eau par des pompes à des grandes hauteurs.

Enfin on peut pouſſer un jet bien haut



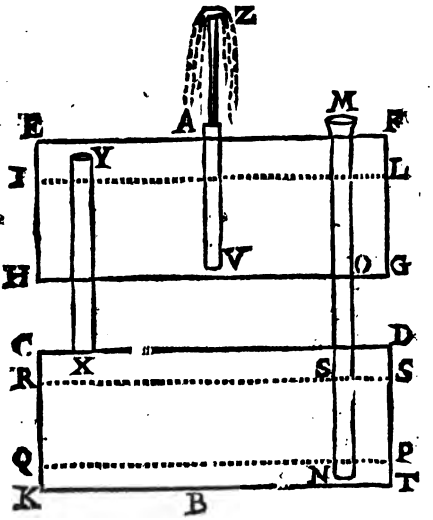
ſelon la methode ſuivante. Ayez un vaiſſeau A B C cylindrique de cuivre,

rond par le haut de deux pieds de hauteur & de 8 pouces de largeur, posé & attaché ferme sur un plan de bois ou de fer &c. Ayez à côté une siringue ou corps de pompe D E F avec son piston N Q, & une soupape au bas, comme on fait ordinairement dans les pompes, & que le piston en descendant avec la force d'un homme ou de deux, fasse par compression entrer l'eau dans le vaisseau par le tuyau G H garny de sa soupape en H, comme il a été enseigné au commencement de ce Traité; metrez à côté du cylindre creux ou vaisseau un autre tuyau I L recourbé vers le haut, où il y ait un ajutage de 12 lignes à son extremité L; si l'on ajuste encore aux deux côtez du vaisseau deux autres pompes semblables à celle-cy, on y pourra faire entrer une tres grande quantité d'eau. Les pistons pourront être attachez à des extremitez de levier comme N pour avoir plus de force, étant attaché à l'appuy en O. Lors-qu'on fera jouër les pistons par le moyen des leviers, l'eau entrera dans le vaisseau A B C, & passera au commencement dans le tuyau I L avec une mediocre force; mais en continuant, on poussera tant d'eau, qu'elle ne pourra pas sortir toute

par l'ajutage L ; alors elle s'élevera comme juſques en P, & condenſera l'air enfermé dans le haut du vaiſſeau ; & ſi l'on pouſſe encore l'eau avec plus de force, elle montera plus haut, comme en R, condenſant l'air de plus en plus ; & quand il le ſera 8 fois plus qu'à l'ordinaire, il preſſera l'eau R S H I pour la faire ſortir par I L, comme s'il y avoit 7 fois 32 pieds d'eau au deſſus de H I, c'eſt-à-dire 224 pieds, ce qui feroit un jet d'eau par l'ajutage L de plus de 120 pieds de hauteur. Mais il faut que les trois pompes puiſſent fournir aſſez d'eau : car l'ajutage L de 12 lignes en dépenſera plus de 64 pouces.

L'air ſe condenſant à proportion des poids dont il eſt chargé, ſi l'on fait une machine A B compoſée d'un coffre E F G H plein d'eau juſques à la ligne I L un peu au deſſous de E F, & un tuyau M N, qui ſoit bien ſoudé en M & en O avec les deux platines E F, G H qui font le deſſus & le deſſous du coffre, afin que l'air ny entre point ; le coffre E G ſervira de reſervoir. Il faut qu'il y ait encore un autre coffre égal au premier comme C D T K plein d'air, auquel le tuyau M N ſoit bien ſoudé. Lors-qu'on verſera de l'eau par M, elle

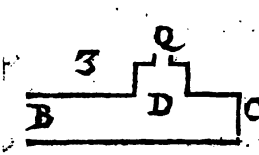
deſcendra par N juſques à K T, &



étant montée juſques en P Q, l'air contenu dans l'eſpace QPCD, & dans le tuyau X Y bien ſoudé aux deux coffres, ne pourra pas ſortir par A, & ſe condenſera peu à peu juſques à ce qu'il ſe faſſe équilibre entre le poids de l'eau en M N, & le reſſort de l'air enfermé. Par exemple ſi l'eau s'eſt élevée juſques en R S, l'air contenu en l'eſpace CDSR,

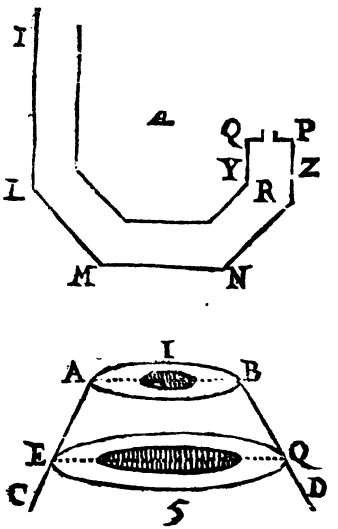
que l'eau qui entretenoit le jet, étant pouſſée de travers avec force, comme on le voit en la figure 2me cy jointe, qui repreſente une portion du tuyau B C. Car l'eau E D & F D qui vient par les côtez, a une grande viteſſe de travers, qui la porte en D L & en D M; & G D eſt portée en D N, & H D en D O, ce qui écarte le jet, parce que le peu d'eau qui vient directement de P en D, ne ſuffit pas pour redreſſer le jet.

Pour éviter ce defaut je fis mettre en D un ajutage d'un pouce de longueur, & d'un pouce de largeur, comme on voit dans la figure 3me, où B C D repreſente la partie B C D de la premiere figure; on perça d'une ouverture de 6 lignes le petit tuyau montant D Q en Q; alors le jet fut plus beau, & s'éleva à 3 ou 4 pieds plus haut.



Je fis faire enſuite l'extremité de la conduite ſelon la figure courbe ILMNOP dans la 4me figure, & dans la platine Q P, je fis mettre un ajutage ſemblable à la figure marquée 5, il étoit un peu

en



en cone, mais il y avoit une platine interieure representée par E Q, qui laissoit une ouverture d'un pouce au milieu & la platine superieure A I B étoit percée en I au milieu d'une ouverture de 6 lignes, ce qui étoit fait afin qu'il n'y eût point de frottement qu'au bord de la platine E Q en dedans : car il n'y en pouvoit avoir que tres-peu en E A & B Q : mais cela réüssit tres-mal : car le jet alla moins haut, & s'écarta plus qu'il n'avoit fait par un simple ajutage en cone, ce qui pouvoit venir des mouvemens differens de l'eau, qui ayant passé par Q E, choquoit avec violence la platine A B à côté de son ouverture, & se reflechissant elle empêchoit le reste de l'eau de sortir droit. Enfin je fis mettre une platine bien polie en P Q dans la 4me

figure percée d'une ouverture de 6 lignes bien ronde & polie ; alors le jet fut tres-beau, & s'éleva à 32 pieds, le reservoir étant à 35 pieds 5 pouces, au lieu que les autres jets ne s'élevoient qu'à 27 ou 28 pieds ; ce qui arrive parce que l'eau prend la direction de son mouvement depuis R, & qu'il en vient peu lateralement des côtez Y & Z, qui ne laissent pas de contribuer à la direction du jet, la platine étant tres-polie, & tout étant égal de part & d'autre, & arrétant également le mouvement lateral l'une de l'autre : Or le jet par cet ajutage s'élevoit jusques à 22 pieds sans se separer sinon en retombant, & s'arrétoit fort peu au haut quand il alloit à 32 pieds, & beaucoup moins que par les autres ajutages. J'ay veu une platine percée d'un trou de 4 lignes & de 6 ou 7 petits alentour, qui faisoient une espece de gerbe dont tous les jets étoient tres-beaux & transparens, & celui du milieu s'élevoit à 18 pieds.

Les jets s'élargissent necessairement à mesure qu'ils s'élevent, dont la raison est ; qu'ils diminuënt peu à peu de viteſſe, & parce que c'est la même eau qui par sa viscosité se tient unie sans se separer, il faut qu'elle occupe plus de place à l'endroit où elle va moins vîte selon la proportion de la viteſſe à la viteſſe.

Par la même raiſon l'eau qui s'écoule par un trou de 5 ou 6 lignes, lors-qu'elle n'eſt dans le reſervoir qu'à la hauteur de 3 ou 4 pouces, va toûjours en s'étroiſiſſant juſques à ſe reduire en gouttes quand le filet d'eau eſt devenu trop petit : car il ne doit y avoir qu'une même quantité d'eau dans tous les eſpaces qu'elle parcourt en tombant, leſquels en des temps égaux ſont entr'eux comme les nombres impairs de ſuite ; d'où l'on voit que le filet de l'eau deviendroit à la fin plus délié qu'un cheveu : mais avant que d'en venir juſqu'à ce point, elle ſe ſepare & ſe diviſe en gouttes, qui accelerent toûjours leur mouvement juſques à ce qu'elles ayent acquis leur plus grande viteſſe.

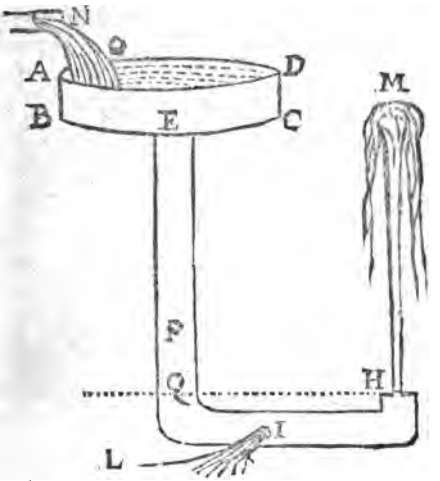
Il ne faut pas regler la dépenſe de l'eau par la hauteur des jets, mais par la viteſſe de ſa ſortie par l'ajutage. Or dans les ajutages d'une ligne, ou de deux lignes, les jets ne vont pas ſi haut à la même hauteur de reſervoir que ceux de 5 ou 6 lignes, & cependant ils donnent de l'eau ſenſiblement dans la proportion de leurs ouvertures, comme l'on a veu. Pour connoître les cauſes de ces effets differens, il faut conſiderer, que les petits globes ſont aux grands en raiſon triplée de leurs diametres : mais ils ſont retardez dans leur mouvement par l'air ſelon les ſurfaces de

leurs grands cercles, & ils forcent cette reſiſtance de l'air ſelon les differences de leurs poids, comme il a été expliqué cy devant. D'où il arrive que ſi l'on tire un mouſquet chargé de balles, & de menuës dragées de plomb, les balles iront bien plus loin que les menuës dragées, quoi qu'elles ſortent du mouſquet avec les mêmes viteſſes comme nous l'avons expliqué. La même choſe ſe doit entendre des petits ajutages & des grands, qui ont une même hauteur de reſervoir: car quoi qu'à la ſortie des ajutages ils aillent à fort peu prés auſſi vîte l'un que l'autre, lors-qu'ils paſſent beaucoup d'air, les petits jets ſont retardez depuis leur ſortie juſques à leur plus grande hauteur beaucoup plus à proportion que les gros jets; & par conſequent les gros iront beaucoup plus haut que les petits, mais ils ne donneront pas plus d'eau à proportion, ou du moins gueres plus, puis-qu'elle ne doit s'eſtimer que par la viteſſe qu'ont les jets à leur premiere ſortie de l'ajutage, qui eſt à fort peu prés égale dans les petits ajutages & dans les grands.

Lors-qu'on a un jet d'eau entretenu par une quantité ſuffiſante d'eau, & qu'on perce le tuyau de la conduite par une ouverture égale à celle de l'ajutage pour ſe ſervir de l'eau qui en ſort, on trouvera la di-

minution du premier jet en cette ſorte.

Soit A B C D un reſervoir à 13 pieds de hauteur par deſſus l'ajutage H de 6 lignes



d'ouverture, le jet doit être d'environ 12 pieds $\frac{1}{2}$ ſi la conduite eſt de 3 pouces de largeur. On fait un trou en I de 6 lignes d'où ſort l'eau I E ; le jet H M depenſe 4 pouces d'eau par les regles qui ont été données ; & parce qu'il en doit ſortir autant à fort peu prés par le trou I, la conduite eſt trop étroite pour donner la même hauteur à deux jets égaux à H M ; c'eſt pourquoi auſſi-tôt qu'on laiſſera couler l'eau I L, le jet H M diminuëra un peu,

& à cauſe que les deux trous H & I donnent 8 pouces à peu prés, & que l'eau N O, qui fournit l'eau au reſervoir, n'eſt que de 4 pouces par ſuppoſition, le reſervoir ſe vuidera peu à peu s'il eſt bien ſpatieux, & fort vîte, s'il ne contient qu'un demi muid ou 100 pintes. Il faut donc que l'eau deſcende dans le tuyau juſques à ce que le jet H M ne donne que 2 pouces : car alors le trou I donnant auſſi 2 pouces, toute l'eau N O ſera employée. Or 13 pieds eſt à ſa moitié $6\frac{1}{2}$, comme $6\frac{1}{2}$ à $3\frac{1}{4}$; donc la hauteur de l'eau étant P Q de 3 pieds $\frac{1}{4}$ au deſſus de H, le jet ne pourra être que de 3 pieds 2 pouces quelques lignes ſelon les regles cy-deſſus : & par conſequent on verra décroître le jet H M juſques à ce qu'il n'ait plus que 3 pieds 2 pouces quelques lignes, & l'eau N O entretiendra la hauteur de l'eau à la hauteur Q P.

Que ſi l'on referme le trou I, le jet par H commencera à croître juſques à ce qu'il aille en H M, & à même temps l'eau de la conduite s'élevera au deſſus de P juſques à ce qu'elle ſoit dans le reſervoir A H à ſa premiere hauteur : on ſe reglera de même dans les autres cas ſemblables.

Si les hauteurs des reſervoirs étoient extrêmement grandes, les jets ſe diſſiperoient par la rencontre & par le choq violent de l'air ; & au lieu d'aller plus haut

que les jets de quelques reſervoirs moins hauts, ils iroient beaucoup moins haut.

J'en ay fait les experiences ſuivantes.

On mit dans une arbaleſte un petit tuyau d'un pouce de largeur & de 8 pouces de longueur, attaché fortement dans la coche de la corde de l'arbaleſte, & l'ayant bandée on la leva perpendiculairement, & on emplit d'eau le petit tuyau ; l'eau étant pouſſée par la force de l'arbaleſte ſortit, & rencontrant l'air avec violence s'écarta beaucoup : ceux qui étoient à côté ne virent pas monter le jet : mais ils virent tomber pluſieurs petites gouttes à plus de 20 pieds à la ronde de celui qui tenoit l'arbaleſte, lequel aſſeura avoir veu monter l'eau juſques à 30 pieds environ : or cette viteſſe convenoit à un reſervoir de plus de 600 pieds, & le jet devoit être de 300 pieds ſelon les regles.

AUTRE EXPERIENCE.

J'Ay fait charger pluſieurs fois un piſtolet de 4 pouces de hauteur d'eau au lieu de balles, & tirant cette eau de 20 pieds contre une porte en élevant le piſtolet ſelon un angle de 45 degrez à peu prés pour empêcher l'eau de tomber, il n'y en alla pas une goutte. Je le fis tirer une ſeconde fois de 10 pieds, & il arriva la même

choſe; & quand celui qui avoit tiré s'avançoit, & levoit le viſage en haut, il ſentoit tomber de petites gouttes. Enfin on le tira de 7 pieds contre un papier mis au haut d'une porte, alors le papier fut tout moüillé, & l'on trouva que l'eau s'étoit écartée juſques à 2 pieds de diametre; & l'ayant tiré encore une autre fois de 8 pieds de diſtance le papier ne fut pas moüillé. Si l'on calcule cette eau comme un cylindre de 5 lignes de largeur & de 4 pouces de hauteur, & qu'on diviſe le produit par une ſurface de 2 pieds de largeur, on trouvera que ſon époiſſeur ne ſera qu'environ $\frac{1}{70}$ de ligne: car le ſolide du quarré de 5 par 48 eſt 1200, & le ſolide du quarré de 288 lignes par $\frac{1}{70}$ eſt un peu moindre que 1200 lignes cubiques, & le cylindre étroit eſt de 943 lignes cubiques, & celui de deux pieds de diametre pour ſa baſe eſt de 931: il arrive donc que l'eau étant reduite encore à une plus petite époiſſeur comme quand on la tire de 10 pieds de diſtance, elle ſe ſepare en petites gouttes dont quelques-unes s'élevent en vapeurs, & les autres retombent: mais elles ſont imperceptibles.

On voit le même effet quand une bouteille de ſavon ſe rompt: car les particules de ſon eau qui ſont trop menuës, s'élevent en vapeurs viſibles, & le reſte tombe. Un

filet d'eau par un trou d'une demi-ligne au deſſous de 100 pieds de hauteur rencontrant la main en jailliſſant de travers, ſe mettoit auſſi en vapeurs.

On pourroit objecter que ſi l'on tiroit de l'eau dans un canon, qui eût un pied de calibre, l'eau iroit plus loin que 10 pieds, on en demeure d'accord : mais elle n'ira pas à 100 pieds, comme on peut le prouver, & l'experimenter.

Or cette viteſſe eſt ſi grande qu'aucun reſervoir acceſſible n'en peut donner une pareille : car puiſque la premiere viteſſe de l'eau qui en ſortiroit, feroit 1000 pieds en une ſeconde comme fait le ſon, ſuppoſons que le reſervoir ſoit à 10000 pieds de hauteur, & que la viteſſe d'un globe d'eau d'un pied faſſe en tombant 13 pieds en une ſeconde, elle fera 26 pieds horizontalement : le produit de 13 par 10000 eſt 130000, dont la racine quarrée eſt environ 360 ; comme 13 à 360 ainſi une ſeconde à 28 à peu prés. Si l'on ſuppoſe donc qu'un globe d'eau d'un pied accelere ſelon les nombres impairs de ſuite, ce qu'il ne fait pas pourtant que juſques à une mediocre diſtance, il tombera de 10000 pieds en 28 ſecondes, & fera 20000 pieds horizontalement par une viteſſe uniforme égale à la viteſſe acquiſe en 28 ſecondes, & en une ſeconde envi-

ron 714 pieds, qui eſt une viteſſe moindre que la viteſſe produite par la poudre à canon dans le canon. Mais comme il n'y a point de lieu acceſſible de 10000 pieds de hauteur, on ne peut voir l'effet de ces jets d'eau, outre que cette hauteur de 10000 pieds donneroit par 1 pied d'ouverture 64512 pouces à peu prés qui feroient une riviere trop conſiderable pour être ſur une ſi grande hauteur.

Il faut donc croire que les plus grands jets ne doivent pas aller à 300 pieds: car le reſervoir étant à 600 pieds, il faudroit qu'il fût d'environ 6 pouces de diametre, & la conduite devroit être de 20 pouces de largeur, & il donneroit 16128 pouces, qui eſt encore une trop grande quantité d'eau; & ainſi il faut ſe reduire à 100 pieds de hauteur, & à 12 ou 15 lignes d'ajutage: car quand même il iroit à 150 pieds, il ne paroîtroit gueres plus haut à la veûë quand on en ſeroit à 20 pieds de diſtance.

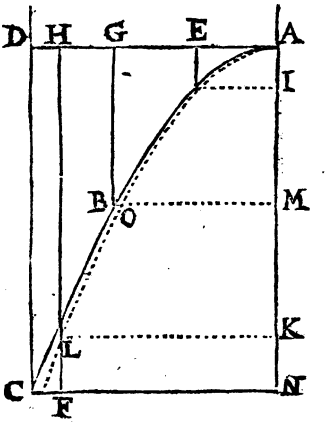
II. DISCOURS.

De la hauteur des jets obliques, & de leurs amplitudes.

LEs jets qui jailliſſent horizontalement, ou obliquement comme dans la figure

ſuivante, décrivent une ligne courbe qui eſt une Parabole, ou une demi-Parabole dont Torricelli a donné la demonſtration aprés Galilée : mais il faut faire abſtraction de la reſiſtance de l'air ; toutesfois ſi les jets ſont foibles, la ligne courbe ſera ſenſiblement Parabolique, à cauſe que l'air reſiſte à une petite viteſſe, & que l'acceleration de viteſſe de la goutte qui tombe, ou la diminution de celle qui jaillit, ſe fait ſenſiblement ſelon les nombres impairs. Et même dans les viteſſes mediocres des jets, leur courbure approche fort de la Parabole ; parce que ſi d'un côté la direction horizontale eſt retardée peu à peu, & ne va pas d'un mouvement uniforme, auſſi l'acceleration ne va pas à la fin de la chûte ſelon les nombres impairs, mais elle retarde par la reſiſtance de l'air, comme on l'a expliqué cy-devant, & ainſi l'un des défauts recompenſe l'autre, & comme on le voit en la figure ſuivante, où la veritable Parabole eſt A B C, ſi en 3 petits intervalles de temps égaux le mobile parcourt horizontalement les 3 eſpaces égaux A E, E G, G D, & qu'il parcourre en deſcendant A I au premier temps ; I M qui contient trois fois A I au ſecond temps ; & au troiſiéme M N qui contient 5 fois A I. Mais ſi le choq de l'air fait que le mobile n'aille qu'en H au lieu d'aller en

D, en ces trois temps auſſi le choq de

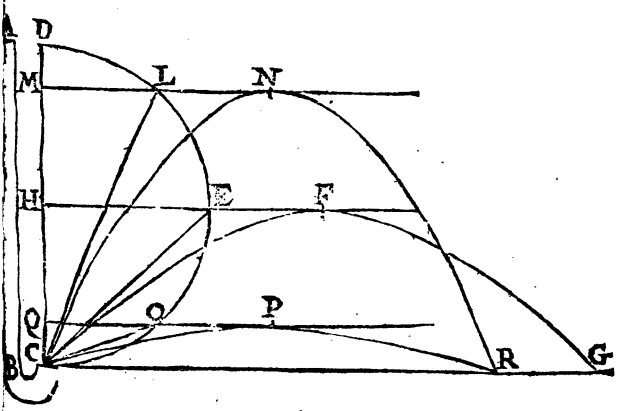


l'air l'empêchera de deſcendre dans les mêmes temps juſques en N & il n'ira qu'environ en K, & tirant la parallele K L qui coupera H F en L un peu au dedans de la courbe A B C, la ligne courbe A O L qui ſera décrite par ce mouvement retardé en proportion (ce qui n'eſt pourtant pas vray dans la rigueur) ſera une autre Parabole interieure à la premiere A B C. De cette proprieté des corps qui ſont meus dans l'air, nous deduiſons les Problemes ſuivans.

PROBLEME.

Eſtant donné la hauteur mediocre d'un reſervoir, & le jet étant oblique trouver où il touchera le plan horizontal.

SOit A B le tuyau du reſervoir, C l'ajutage, C D une ligne parallele à A B,



D E C un demi-cercle, donc H eſt le centre; Galilée & Torricelly ont demontré, que ſi la direction du jet au ſortir de l'ajutage eſt par la ligne C E qui faſſe l'angle D C E avec la perpendiculaire D C de 45 degrez, ayant continué H E perpendiculaire à D C

juſques en F en ſorte que E F ſoit égale au demi-diametre du cercle H E, le point F ſera le ſommet de la Parabole C F G décrite par le jet, comme on le voit en la figure, C E ſera la tangente de cette parabole au point C; & C G l'amplitude de la parabole double de H F ou C D.

Que ſi l'on donne une autre direction au jet comme C L, il faut abaiſſer la perpendiculaire L M ſur C D, & M L N étant double de M L, le point N ſera le ſommet de la Parabole que décrira ce jet, dont C R ſera l'amplitude égale à deux fois M N; & de même à l'égard de toutes les autres directions. D'où il ſuit que ſi l'angle L C E eſt égal à l'angle E C O, le jet par la direction C O ira auſſi loin que le jet par la direction C L; & Q O P étant égale & parallele à M L N, P ſera le ſommet de la Parabole de ce jet; & qu'elles ſe rencontreront toutes deux dans la ligne horizontale C G au point R, puis-que leur amplitude C R quadruple de M L ou double de M N, ſera commune à toutes deux.

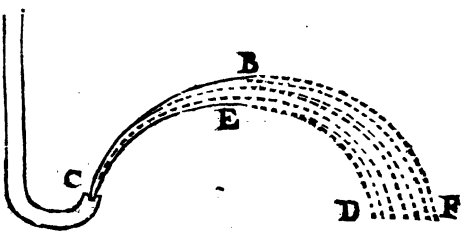
Les jets des bombes pleines de poudre ſuivent les mêmes regles: d'où il s'enſuit que ſi l'on a trouvé par experience qu'une bombe, dont la direction eſt élevée de 45 degrez, va juſques à 500 toiſes de longueur, elle ira perpendiculairement juſ-

ques à 250 toises : car si C G est 500 toises, & que la bombe ait décrit la Parabole C F G, elle ne s'élevera qu'à la hauteur C D, laquelle est le diametre du demi-cercle, qui par conſequent ſera 250 toiſes moitié de l'amplitude C G de la Parabole C F G : mais il faut conſiderer que la reſiſtance de l'air change un peu ces meſures ; car il y a plus d'air à paſſer par C F G, que par C D, la bombe ira un peu plus prés du point D à proportion que du point G. Et par la même raiſon ſi la direction de la bombe étoit C L, & qu'elle tombât au point R, elle iroit un peu plus loin par la direction C O, parce qu'il y a plus d'air à paſſer dans la parabole C N R, que dans la Parabole C P R. Voici les experiences que j'en ay faites avec de l'eau, qui doit être plus retardée par l'air, qu'une balle de fer, ou qu'une bombe.

Dans la figure predente ſuppoſons A B C un tuyau de 6 pieds de hauteur depuis la ſurface de l'eau à la hauteur de D dans le reſervoir juſqu'à l'ajutage C ; la direction du jet C F G étoit de 45 degrez ſur l'horizon, & par ce que l'on vient de dire, C G qui étoit l'amplitude de la Parabole, devoit être de 10 pieds : mais le jet s'écartoit vers la fin, & celui qui approchoit le plus prés de 10 pieds, étoit de 9 pieds 10 pouces ; & par conſequent ce jet ne manquoit que

de $\frac{1}{60}$, c'eſt à dire deux ſur 120. Mais ayant fait des experiences ſur de plus grandes hauteurs, le jet diminuoit plus de ſon amplitude à proportion par la plus grande reſiſtance de l'air, & cette diminution ſe doit faire à proportion de celle des hauteurs des jets, & ainſi il faudra prendre le double de la hauteur perpendiculaire des jets pour ſçavoir l'amplitude du jet Parabolique à l'élevation de 45 degrez.

Les jets de vif-argent ſont de même, mais leur extremité s'écarte plus qu'aux jets d'eau, dont la cauſe eſt que le mercure ſuperieur B F gliſſe ſur l'inferieur C E D



par ſa rencontre, & au contraire le mercure qui eſt vers E deſcend par ſa peſanteur, & par le choq de celui qui eſt plus haut, c'eſt ce qui fait que les gouttes de vif-argent ſont fort ſeparées les unes des autres entre D & F, & de haut en bas; mais elles ne s'écartent point en largeur. Et ſi l'on met

l'œil

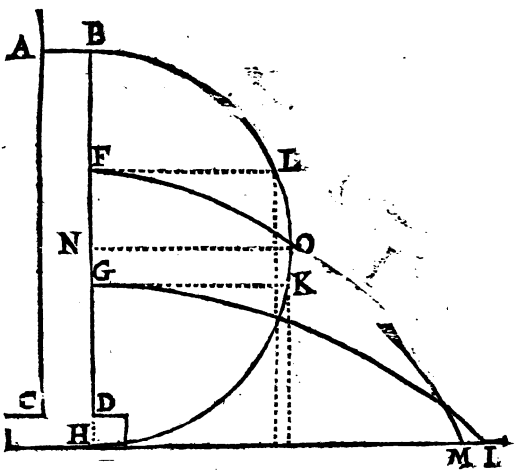
l'œil dans le plan de la direction du jet, il ne paroîtra que comme un filet de la même largeur par tout, laquelle il a à la sortie de l'ajutage, parce que ne s'ecartant point à la sortie, les gouttes les plus proches de l'œil couvrent toutes les autres qui sont au dessous dans toute l'étenduë du jet.

Pour prouver par experience que les matieres les plus pesantes font leurs Paraboles plus grandes, j'ay suspendu une balle d'acier à un fil de 42 pouces ou 3 pieds $\frac{1}{2}$ de longueur, & l'ayant élevée par un arc de 50 degrez, je la laissay aller, elle revint aprés être montée de l'autre côté, à 49 degrez 45 minutes; l'arc des 15 minutes qui manquoient, étoit de la largeur de 6 lignes, & par consequent il ne perdoit qu'une ligne & demie à peu prés en tombant jusques au point de repos. Je mis ensuite une boulette de cire de même grosseur chargée d'un petit poids, en sorte que sa pesanteur specifique étoit comme celle de l'eau; & l'ayant élevée à 50 degrez elle revint à 4 pouces prés au 2me battement; elle perdoit donc 8 fois autant par la resistance de l'air, que celle d'acier, ce qui est à peu prés selon les proportions de la pesanteur specifique de l'eau à l'acier.

Lors-qu'en un tuyau les ouvertures sont plus hautes les unes que les autres, & que

les jets ſont horizontaux, on peut ſçavoir la longueur des jets ſur un plan horizontal par les mêmes regles en cette maniere.

Soit A B C D un vaiſſeau cylindrique,



ou d'une autre forme, percé en F & en G, l'eau étant toûjours entretenuë à la hauteur de A B, H I eſt un plan horizontal, & l'on veut ſçavoir où les jets F & G tomberont ſur le plan H I. On ſuppoſe que le côté du tuyau B F G H où ſont percés les trous F & G, eſt à plomb; ſur la ligne B H pour diametre ayant décrit

le demi-cercle B L K H, ſoit mené les perpendiculaires F L, G K à la ligne B H juſques au demi-cercle en L & K, & ayant fait H I double de G K, & H M double de F L, les jets décriront les demi-paraboles G I & F M comme il a été dit cy-devant : d'où il s'enſuit que ſi N eſt le centre du demi-cercle, le jet qui jaillira par N ira le plus loin de tous, puis-que la ligne N O qui eſt le demi-diametre eſt la plus grande de toutes les ordonnées comme G K, F L. Et ſi l'on prend des hauteurs égales au deſſus & au deſſous de N, les jets tomberont au même point ſur la ligne horizontale H I.

Si l'on veut ſçavoir dans un vaiſſeau ou dans un reſervoir ABCD à quelle hauteur y eſt l'eau, il y faut percer un trou en quelque endroit comme en G, & ayant marqué quelque point I où paſſe le jet, ſoit tiré la ligne I H de niveau par le point I, & par le point G la ligne G H perpendiculaire à I H. Ayant coupé H I en deux également, dont l'une des moitiez ſoit G K, ſoit trouvé la ligne G B troiſiéme proportionnelle continuë aprés G H & G K, cette ligne G B eſt la hauteur de l'eau dans le reſervoir au deſſus de l'ouverture G, ce qui n'eſt que la converſe de la precedente propoſition comme il eſt aiſé de voir, ſi l'on ſuppoſe que la hauteur du reſervoir ſoit H B

au deſſus du plan horizontal H I, & l'ouverture du jet ſoit en G : car ſelon les élemens de Geometrie, à cauſe du demi-cercle, les trois lignes G H, G K & G B ſont en proportion continuë, ce qui convient à ce que Galilée a demontré dans ſa 5 me proportion du mouvement des corps pouſſez & jettez, où il dit que les moitiez des amplitudes des paraboles des jets ſont moyennes proportionnelles entre la hauteur de la demi parabole, & la hauteur de la liqueur depuis l'ouverture du jet.

CINQUIEME PARTIE.

DE LA CONDUITE DES EAUX. ET DE LA RESISTANCE DES TUYAUX.

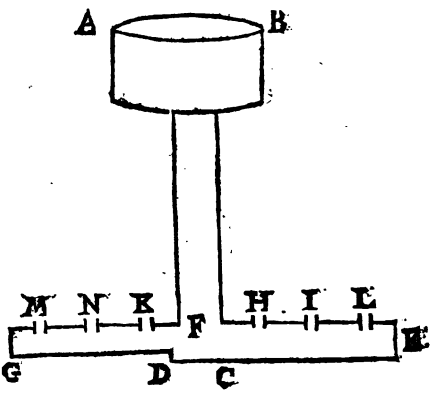
PREMIER DISCOURS.

Des Tuyaux de conduite.

LOrs-que la conduite de l'eau qui fournit les jets paſſe par un long tuyau fort étroit, la viteſſe de l'eau y eſt arrêtée par le frottement, dont on en a fait l'experience en cette ſorte.

A B C D eſt un tuyau de 6 pouces de diametre & de 6 pieds de hauteur; le tuyau C E a 3 pouces de largeur, & le tuyau G F un pouce. On avoit fait aux points H, I, L, trois ouvertures, celle qui étoit en H avoit 2 lignes, celle en I 4 lignes, & la derniere

en L en avoit 8. Dans l'autre branche F G

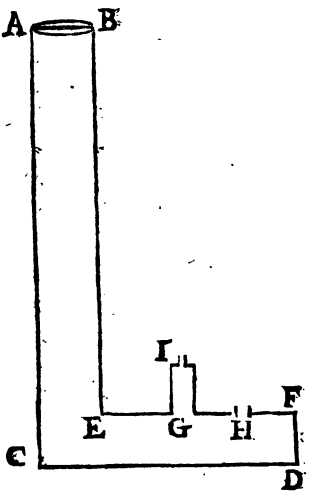


les ouvertures K, N, M étoient disposées de même selon la grosseur des ouvertures à l'égard de la proximité du tuyau A B C D. Le tuyau A D étant plein, on laissoit aller successivement les 3 ouvertures H, I, L; les autres demeurant toûjours fermées, le jet par L s'élèvoit le plus haut; celui par I ensuite, & celui par H jailliſſoit le moins haut des trois. De l'autre côté la grande ouverture M jailliſſoit le moins haut, celle en N un peu plus haut, & la petite K la plus haute des trois; la raiſon de ces effets ne ſera pas difficile à connoître, ſi l'on conſidere, qu'il ſort beaucoup d'eau par les ouvertures L & M, & que pour l'entretenir

il faut que l'eau aille beaucoup plus vîte par le tuyau étroit que par le large, ce qui y cauſe un frottement conſiderable, qui retarde la viteſſe de l'eau, & l'empêche de couler aſſez vîte pour fournir l'ajutage. Mais dans les ouvertures H & K comme la viteſſe par les tuyaux eſt 16 fois moindre que quand l'eau ſort par L & M, le frottement dans le tuyau étroit eſt peu conſiderable, & ne retarde pas ſenſiblement le jet K plus que le jet H, & ils montent à peu prés auſſi-haut l'un que l'autre : il s'enſuit auſſi que ſi l'on diminuë les deux trous I & N, par exemple chacun d'une ligne, alors le jet par I montera moins haut qu'il ne faiſoit, & celui par N plus haut ; parce qu'il y aura moins de frottement dans le Canal F G qui ſurpaſſe le defaut de la reſiſtance de l'air, & dans le Canal C E cette diminution de frottement ne ſera pas conſiderable, mais la reſiſtance de l'air le ſera un peu plus qu'au jet de 4 lignes ; c'eſt ce qui a trompé pluſieurs perſonnes qui ont fait leurs experiences dans des tuyaux étroits, comme F G, & ils ont conclu auſſi-bien que la pluſpart des Fonteniers, que l'eau alloit plus haut par des ajutages étroits, que par des larges ; ce qui eſt contre la raiſon & l'experience, ſinon quand la conduite eſt trop étroite.

Il arrive la même choſe quand les aju-

tages ſont longs de 6 à 7 pouces, ou même de 2 à 3. Car le jet ſera plus haut par une ſimple ouverture dans la platine qui ſera d'une ligne ou d'une demi-ligne d'époiſſeur : l'on en fera l'experience facilement, ſi l'on a un tuyau de 6 ou 7 pouces de largeur A B C D, & que dans le tuyau



E F ſuffiſamment large on ait fait des ouvertures égales en G, & en H ; la premiere ayant un ajutage G I, & l'autre n'ayant que l'époiſſeur du métail : Car l'on verra que le jet par H ira beaucoup plus haut

que

que par GI, & que plus on diminuëra la hauteur de GI, plus ſon jet approchera de celui par H: d'où il ſuit que les ajutages longs que l'on met ordinairement à la gueule des Dauphins dans les Fontaines, ſont fort defectueux, & quand même l'ajutage ſeroit un peu en cone, le jet ne laiſſe pas d'en être retardé : En voici une experience : un tuyau de verre d'un pied de hauteur & d'un pouce de largeur ayant ſon ouverture de deux lignes & demie n'a ſauté qu'à 10 pouces $\frac{1}{2}$ quand il y avoit un petit cone : mais l'ayant fait ſans cone, il a ſauté juſques à 11 pouces & $\frac{1}{2}$.

Pour regler la largeur des tuyaux de conduite des eaux ſelon la hauteur des reſervoirs & la grandeur des ajutages, j'ay fait les obſervations ſuivantes.

Il y a à Chantil'y une conduite de tuyau faite avec des pieces de bois de cheſne percées ; les ouvertures ſont de 5 pouces de diametre. La hauteur de l'eau du reſervoir eſt à 18 pieds & la conduite en pente juſques à un Canal horizontal, eſt de prés de 104 toiſes. Le Canal ayant été mis à ſec, on perça un des corps par le deſſus, & on y mit un ajutage de 10 lignes ; l'eau étant retenuë par en bas, le jet alla juſques à 15 pieds, ainſi il y avoit quelque petit empêchement dans la longue conduite & dans l'ajutage : car ſuivant les regles il devoit

jaillir juſques à 17 pieds à peu prés. On mit un autre ajutage à 80 toiſes plus bas dans la même conduite qu'on fit jaillir tout ſeul, & il n'alla qu'à 14 pieds à peu prés, ce que l'on peut attribuer au defaut de l'ajutage qui étoit plus mal fait que l'autre. On laiſſa aller enſuite les deux ajutages enſemble, & le jet d'en-haut n'alla qu'à 12 pieds, & l'autre qu'à 11; ce qui fit connoître qu'une conduite de 5 pouces de largeur n'eſt pas ſuffiſante pour un ajutage de 14 ou 15 lignes à cette hauteur de reſervoir, ou pour deux de 10 lignes chacun. On referma les trous, & on laiſſa jaillir le jet ordinaire, qui eſt à côté du Canal & élevé de 2 ou 3 pieds plus haut à la même diſtance du reſervoir que le dernier trou; le reſervoir n'avoit que 16 pieds de hauteur à peu prés au deſſus de l'ajutage qui étoit en cone, & de 12 lignes de diametre; il jailliſſoit d'environ 14 pieds, au lieu de 15 pieds un peu plus ſelon les regles, ce qui provenoit ſans doute de l'ajutage fait en cone, comme il a été demontré.

J'ay fait d'autres experiences avec le même tuyau de 50 pieds, dont il a été parlé avec ſon tambour au deſſus, qui avoit un pied. On y attacha en bas une conduite horizontale de même largeur de 3 pouces, & de 40 pieds de longueur; &

l'on mit à l'extremité un ajutage de 6 lignes, & le jet jaillit auſſi haut que quand il n'étoit qu'à un pied du tuyau montant, le jet fit auſſi les mêmes effets, à ſçavoir qu'aprés avoir jailly d'abord à une certaine hauteur, il diminua peu à peu d'environ un pied; & l'eau étant arrivée au bas du tambour, le jet s'éleva de nouveau, & alla un peu plus haut qu'au commencement, & ainſi une conduite horizontale de 40 pieds de longueur, & de 3 pouces de largeur ne diminua point un jet de 6 lignes d'ajutage.

On a trouvé auſſi par experience qu'un ajutage de 7 lignes n'a point jailli moins haut que celui de 6 lignes à 35 pieds de reſervoir avec une conduite de 3 pouces, & ainſi que le tuyau de 3 pouces pouvoit avoir 52 pieds de hauteur pour un ajutage de 6 lignes : On peut donc prendre pour fondement, qu'un reſervoir de 52 pieds doit avoir un tuyau de conduite de 3 pouces de diametre quand l'ajutage eſt de 6 lignes, & que le jet montera à toute la hauteur qu'il doit avoir.

Pour comparer la largeur de cette conduite à celle que doivent avoir les reſervoirs, & les largeurs des ajutages, on feta cette regle de proportion.

Comme le nombre des pouces que donnent les jets eſt

au nombre des pouces d'un autre jet;
ainſi le quarré du diametre de la conduite du premier, eſt
au quarré du diametre du tuyau de conduite de l'autre.

Cette regle eſt fondée ſur ce qu'il faut que la viteſſe de l'eau coulante ſoit égale dans les deux conduites, afin qu'il n'y ait pas plus de frottement en l'une qu'en l'autre. Or ſi le nombre des pouces eſt quadruple, il faut que la ſurface du diametre de la conduite ſoit quatre fois plus grande, afin que la viteſſe dans les tuyaux ſoit égale.

Suivant cette regle ſi l'on veut ſçavoir quelle largeur de conduite il faut donner pour avoir un jet de 100 pieds par 12 lignes d'ajutage, il faut prendre 52 pieds de hauteur, qui par un ajutage de 6 lignes ayant le tuyau de conduite de 3 pouces de diametre, donne 8 pouces; & parce que ſuivant la table des hauteurs des jets le reſervoir de 100 pieds de jet doit être à 133 pieds $\frac{1}{3}$, on dira que comme 52 eſt à 133, ainſi 64 quarré de 8 eſt à 170, & la racine quarrée de 170 étant 13 à peu prés, l'on voit que le reſervoir de 133 pieds par 6 lignes donnera 13 pouces & par 12 lignes d'ajutage 52 pouces d'eau: donc comme 8 à 52, ainſi 9 quarré de 3, qui eſt le diametre de la

conduite, doit être à 58 $\frac{1}{2}$ dont la racine quarrée eſt 7 $\frac{2}{3}$ à peu prés, qui ſera le diametre de la conduite que l'on cherche, mais pour plus grande ſeureté on peut lui donner 8 pouces.

Lors-que les ajutages ſont inégaux, & les hauteurs des reſervoirs égales, il n'y a qu'à faire les diametres des conduites en même raiſon entr'elles, que les diametres des ajutages : car alors les frottemens ſeront égaux, & l'eau ira plus vîte dans l'un des tuyaux qu'en l'autre, en voici un exemple.

Un tuyau de 13 pieds de hauteur donne 1 pouce par 3 lignes : donc par 6 lignes il donnera 4 pouces ; & par conſequent ſi la conduite demeure de même largeur, l'eau ira 4 fois plus vîte, & auroit quatre fois autant de frottement ; il faut donc pour la faire aller auſſi vîte, que le quarré du diametre de ſa conduite ſoit quatre fois plus grand, & pour lors la racine de ce quarré ſera à la racine de l'autre comme 6 à 3.

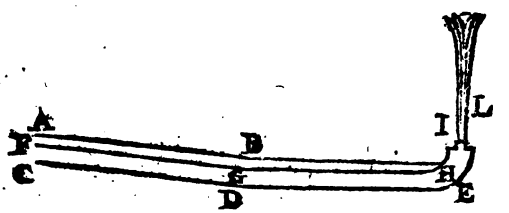
Il arrive un effet aſſez ſurprenant dans la conduite de quelques tuyaux de Chantilly ; ces tuyaux qui ſont de bois pouſſez & mis l'un dans l'autre paſſent par un petit étang, & enſuite par un long Canal ; d'où il arrive que ſi l'on ferme tout à coup l'entrée du reſervoir, & que l'eau ne coule plus dans le tuyau de conduite, ce jet de 14

pieds ne ceſſe pas tout-à-fait : mais il continuë à jaillir à plus de deux pieds ſans diſcontinuation ; ſuppoſant que l'entrée du reſervoir fût bien fermée l'on pourroit attribuer cet effet à ce que l'eau s'écoulant avec grande viteſſe, le poids de celle de l'étang & du Canal fait un peu entr'ouvrir les corps des tuyaux qui entrent l'un dans l'autre, & il ſe fait une petite aſpiration d'eau, de même qu'il ſe fait une expiration d'air aſſez ſenſible quand ce tuyau de conduite étant vuide, on y fait entrer tout-à-coup l'eau du reſervoir : car alors l'air étant preſſé force les tuyaux, & ſe fait un peu de jour entre ceux qui ſont emboitez l'un dans l'autre. Or l'aſpiration qui ſe fait d'un peu d'eau de l'étang & du Canal, eſt aſſez grande pour fournir ce jet de 2 pieds.

Il arrive encore au même jet un autre effet extraordinaire qui eſt, que ſi l'on met la main ſur l'ajutage, & qu'on l'y tienne pendant 10 ou 12 ſecondes, l'eau ne jaillit point d'abord qu'on ôte la main, & commence peu à peu à s'élever à 3 pouces, puis à 1 pied, & enfin à 2 ſucceſſivement dans un temps conſiderable. J'ay veu le même effet dans une eau qui couloit horizontalement par un tuyau de cuivre : car l'ayant fermé avec la main dans la penſée que cette eau étant retenuë un

peu de temps, elle feroit un plus grand effort, & jailliroit plus loin, je fus surpris qu'il ne coula pas presque d'eau d'abord: mais enfin peu à peu elle reprit sa force ordinaire, voici comme j'explique cet effet.

Dans le Canal de Chantilly qui a une pente tres-petite jusques à 80 toises du jet, l'eau y couleroit tres-lentement si elle n'étoit poussée par l'eau superieure dont la pente est plus roide. Or si l'on suppose que A B C D soit la pente roide, & que le Ca-



nal ne soit qu'à demi-plein, comme depuis C D jusques à F G, l'eau y coulera assez vîte & poussera avec la même impression celle qui est en G H D E, & par le mouvement qu'elle aura acquise dans ce chemin, elle sera portée assez vîte jusqu'à l'entrée de l'ajutage I L qu'elle remplira entierement; & étant choquée par celle qui succede, elle s'élevera jusques à 2 pieds, mais lors qu'on la retient, on arreste son

mouvement, & même elle reflue vers B G D en s'élevant vers le haut du tuyau proche de C, ce qui fait que cette eau étant dans son mouvement, & sa moindre hauteur en B étant moindre que la hauteur du point L, elle ne peut faire d'effort pour couler ou pour jaillir, qu'aprés que le mouvement commence à se faire ensuite du premier écoulement qui est tres-lent.

Il faut éviter de faire les tuyaux de conduite coudez à angles droits: car l'eau dans son mouvement heurtant contre la partie du tuyau qui lui est opposée, le met en danger de crever, & elle est retardée considerablement par cette rencontre.

Si l'on veut que l'eau jaillissante conserve sa force par plusieurs années, il faut tenir les conduites un peu plus larges que selon le calcul qui en a été fait: car il s'y amasse de la bouë, & des ordures qui retardent un peu l'écoulement, & même il y a des eaux qui emportent avec elles des atomes pierreux, qui venant à s'attacher ensemble, forment des pierres qui bouchent la conduite: j'en ay fait l'observation dans l'Aqueduc d'Arcuëil, & l'on voit proche de l'Observatoire dans le grand regard où se fait la separation des eaux, un bassin qui a un gros jet au milieu d'un demi-pied de hauteur, la circonference de ce bassin est de cuivre, où l'on a fait plu-

leurs ouvertures circulaires d'un pouce de diametre pour faire connoître la quantité d'eau qu'il y a dans l'Aqueduc ; mais peu à peu il s'eſt amaſſé dans ces ouvertures une matiere pierreuſe qui les a enfin bouchées entierement ſans que l'eau y puiſſe plus paſſer, ce qui eſt aſſez ſurprenant : car il ſemble que l'eau coulante devroit emporter les ordures qui s'y pourroient amaſſer. Cela ſe fait de la même maniere qu'il s'amaſſe de la neige à côté ou ſur les branches des buiſſons quand il fait broüillards pendant un grand froid : Car le vent portant de petites parcelles ou atomes de vapeurs glacées, les introduit dans quelques pores de ces branches ; & les premieres retiennent & accrochent ceux qui ſuivent, & enfin il s'y en fait un amas de 2 ou 3 pouces de hauteur. De même l'eau chariant de petits atomes de pierre dont elle ſe charge en paſſant par les terres, en fiche quelques-uns dans les pores du métail, & un autre qui ſuit ſe joint au premier ſelon ſa diſpoſition & ſa figure. Il en paſſe beaucoup qui ne s'y attachent pas : mais par une ſuite d'années il s'y en amaſſe enfin aſſez pour boucher entierement les ouvertures, comme ſi c'étoit une ſeule pierre aſſez dure, en ſorte que l'on eſt obligé tous les 50 ans environ de relever tous les tuyaux & de les refaire à neuf.

Lors-que la conduite de l'eau dans un tuyau large se subdivise en plusieurs conduites pour faire plusieurs jets, il faut considerer tous les pouces d'eau que doivent donner ensemble tous ces jets pour determiner la largeur du grand tuyau de conduite, & il les faut reduire ensuite par le calcul à une seule ouverture de jet.

EXEMPLE.

LA principale conduite d'une eau se divise en six tuyaux, dont il y en a deux qui ont chacun 3 lignes de diametre d'ajutage, deux autres qui en ont chacun 5, un qui en a 6, & un autre qui en a 8, la hauteur du reservoir est supposée à 52 pieds: donc si les conduites sont suffisamment larges, & qu'il y ait assez d'eau dans le reservoir pour fournir à toute la depense, les ajutages de 3 lignes donneront 2 pouces chacun selon les regles & les tables qu'on a données cy-dessus; ceux de 5 lignes donneront chacun 5 pouces $\frac{4}{6}$, celui de 6 lignes donnera 8 pouces, & celui de 8 lignes donnera 14 pouces & $\frac{2}{9}$, la somme de la depense d'eau de tous ces jets sera donc de 37 pouces $\frac{1}{9}$: c'est pourquoi suivant la regle precedente pour 52 pieds de hauteur de reservoir le diametre de l'ajutage doit être au diametre du tuyau de conduite comme 6 lignes à 3 pouces, ou bien comme 1 à 6 qui est la même raison.

Mais comme dans cet exemple, nous n'avons que la depense de l'eau qui est de 37 pouces, & $\frac{1}{2}$ à la hauteur de 51 pieds de reservoir; il faut chercher quel seroit le diametre de l'ajutage qui fourniroit cette quantité d'eau; ce qui se fait par la regle de la mesure des eaux jaillissantes de la seconde Partie, & l'on trouve 13 lignes à tres-peu prés; on fera donc comme 1 est à 6, ainsi 13 à 78 lignes de diametre du tuyau de conduite de toute l'eau: ou bien 6 pouces $\frac{1}{2}$ & chacune des conduites pour 3 lignes de diametre d'ajutage auront 1 pouce $\frac{1}{2}$ de largeur; car par la regle precedente les diametres des tuyaux de conduite sont entr'eux en même raison que les diametres des ajutages la hauteur du reservoir étant la même, chacune de celles qui portent des ajutages de 5 lignes auront 2 pouces $\frac{1}{2}$, pour celle de l'ajutage de 6 lignes; elle aura 3 pouces de diametre, & celle de 8 lignes aura 4 pouces. Et si l'eau du reservoir peut donner ou fournir 37 pouces ces jets iront continuellement. On remarquera que le jet de 8 lignes d'ajutage ira le plus haut de tous, & pour sçavoir sa hauteur; on trouvera dans la table de la 2me regle du premier discours de la quatriéme partie, qu'un jet de 50 pieds doit avoir pour la hauteur de son reservoir 58 pieds 4 pouces; c'est pourquoi le jet est entre 45 & 50 pieds, & fort

proche de 45 ; & ſi l'on fait le calcul par la regle pour le jet de 46 pieds de hauteur, on trouvera 52 pieds $\frac{1}{2}$ pouces pour la hauteur du reſervoir ; d'où l'on peut conclure que le jet n'arrivera pas tout a fait à 46 pieds, quoique le reſervoir ſoit de 52 pieds de hauteur.

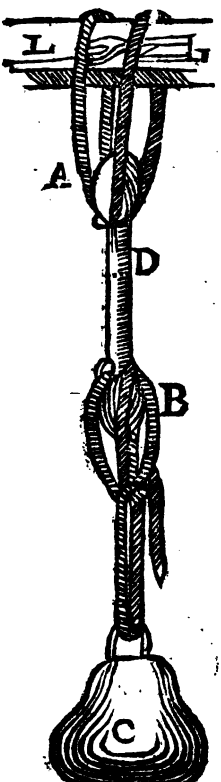
II. DISCOURS.

De la force des Tuyaux de conduite, & de l'épaiſſeur qu'ils doivent avoir ſuivant leur matiere & la hauteur des reſervoirs.

LOrs-que les reſervoirs ſont fort élevez ou qu'on fait une conduite d'eau depuis quelque lieu fort haut, les tuyaux de conduite ſont ſouvent en danger de ſe rompre principalement ſi la conduite ſe fait par des valées profondes ; & ce ſeroit une choſe tres-fâcheuſe, ſi aprés avoir fait beaucoup de dépenſe, quelques tuyaux venoient à crever, ſoit par le défaut de la foudure ou de la foibleſſe des tuyaux : il faut auſſi éviter d'employer trop de plomb ou de cuivre, pour donner des grandes épaiſſeurs aux tuyaux lors-que des épaiſſeurs mediocres ſuffiſent ; voicy ce qu'on pourra obſerver ſur cette matiere.

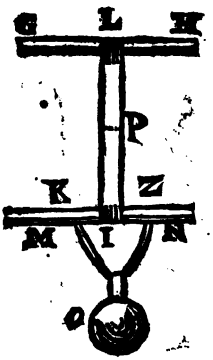
Les corps ſolides & fermes reſiſtent à être rompus par les petits liens & embar-

tas de leurs particules qui ſont entrelacées les unes dans les autres, il y a des matieres faciles à rompre comme la glace, & d'autres qui ſe rompent difficilement, comme le fer, le marbre &c.

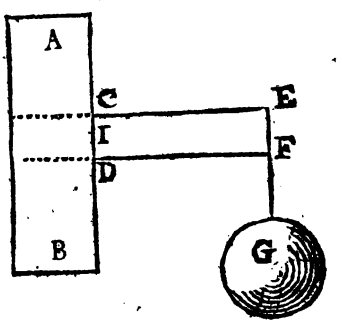


On appelle la reſiſtance abſoluë d'un ſolide à être rompu, lorſqu'on le tire pour le déchirer ou rompre: ainſi ſi l'on ſuſpend un cylindre de bois A B par des cordes à une poutre par le moyen d'une groſſe tête A, & qu'on attache vers ſa baſe B des cordes qui ſuſpendent un poids C de 1000 livres, qui puiſſe rompre ce cylindre vers D ou plus haut ou plus bas en détachant & ſeparant ſes parties entrelacées, on dira que ſa reſiſtance abſoluë eſt de 1000 livr. Par la même maniere on ſçaura la reſiſtance abſoluë d'une petite bande de papier, ſi l'on fait deux anneaux aux extremitez en repliant les

bouts & les collant à la bande, & paſſant dans ces anneaux vers I & L deux bâtons G H, M N: car ayant ſuſpendu au bâton M N le poids O par les cordelettes K & Z, ſi cette bandelette ſe rompt comme en P par ce poids preciſément lors-qu'il ſera de 4 livres, on dira que la reſiſtance abſoluë de cette bandelette eſt de 4 livres.



Galilée a fait un Traité de la reſiſtance des ſolides, où il donne la même definition de la reſiſtance abſoluë, & il explique à



ſa maniere la force que doit avoir un poids

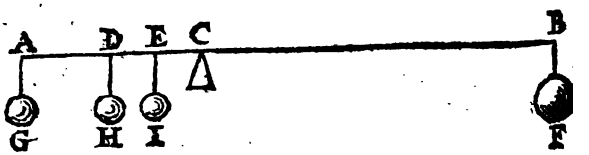
lors-qu'il eſt ſuſpendu à l'extremité d'un ſolide fiché dans un mur, comme ſi le mur eſt A B & le ſolide CDEF, & que le poids G ſoit ſuſpendu en F par la corde F G, il dit que la longueur F D eſt comme le bras d'un levier, & que l'épaiſſeur C D eſt comme le contre-levier, en ſorte que ſi on vouloit ſeparer une partie qui eſt en C & que ſa reſiſtance abſoluë fût de 10 livres, il faudroit que le poids G fût ſeulement de 2 livres, ſi la longueur F D étoit 5 fois plus grande que D C: mais en conſiderant une autre partie comme I également diſtante de C & D, il ne faudroit qu'une livre en G, parce que le levier F D ſeroit alors 10 fois plus grand que le contre-levier D I; & parce qu'il ſuppoſe que la rupture ſe fait en même temps dans toutes les parties de C D dont les unes ſont entre D & I & les autres entre I & C, il prétend qu'il faut conſiderer l'augmentation de la force du poids ſelon la raiſon de F D à la moyenne diſtance D I, ce qui pourtant repugne à pluſieurs experiences que j'ay faites avec des ſolides de bois & de verre, où j'ay trouvé qu'il falloit prendre la raiſon de E D à une ligne moindre que D I, comme le quart de D C ou le tiers &c. & non de F D à la moitié de D C. Pour trouver cette proportion & réfuter celle de Galilée, je fais les raiſonnemens qui ſuivent.

Je ſuppoſe premierement que le bois, le

fer & les autres corps ſolides ont des fibres & des parties rameuſes entrelacées les unes dans les autres, & qui ne peuvent ſe ſeparer que par une certaine force & qu'elles font toutes enſemble la fermeté & reſiſtance de ces corps à être rompus quand on les tire perpendiculairement de haut en bas ſelon leur longueur.

2. Que ces parties peuvent s'étendre plus ou moins par de differens poids, & qu'enfin il y a une extenſion qu'elles ne peuvent ſouffrir ſans ſe rompre, en ſorte que s'il faut qu'un ſolide de bois ſoit étendu de deux lignes pour être rompu, & qu'un poids de 500 livres puiſſe faire cette extenſion, un poids de 125 livres ne le fera étendre que d'environ une demi ligne, un de 250 lignes, que d'environ une ligne &c. & qu'ainſi chaque extenſion fera équilibre avec un certain poids.

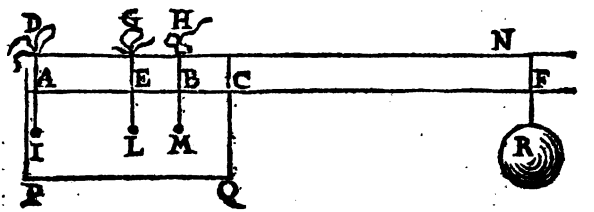
Cela étant ſuppoſé, ſoit conſiderée la balance A C B tournant ſur l'appuy C char-



gée à ſon extremité B, d'un poids F faiſant équilibre avec les 3 poids égaux G H I la diſtance

ſtance B C eſt à C E comme 12 à 1, C D eſt double de C E, & C A double de C D : Or ſi le poids G eſt de 12 livres, il faudra un poids en F de 4 lignes pour le ſoûtenir, puiſque la diſtance B C eſt triple de C A, il ne faudra que 2 livres en F pour ſoûtenir le poids H, & une livre ſeulement pour ſoûtenir le poids I, & par ce moyen un poids de 7 livres en F fera équilibre avec ces 3 poids chacun de 12 livres en G, H & I : ſi donc on ajoûte un petit poids en F, les 3 poids s'éleveront ; & quoy qu'ils s'élevent inégalement, chacun agira par une peſanteur de 12 livres ſelon leur diſtance du poids C, mais il n'en eſt pas de même des parties d'un ſolide qui ſe rompt tranſverſalement : & pour le faire voir,

Suppoſons que F C ſoit de 12 pieds,

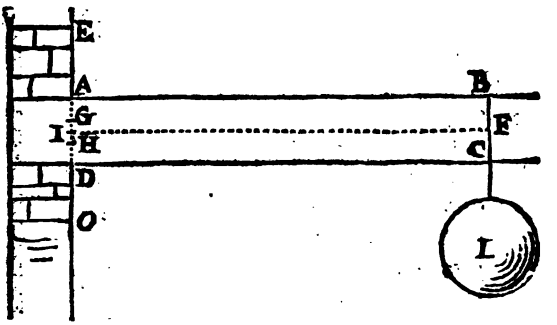


C A de quatre, C E de 2, & C B d'un pied, & que le ſolide A D C N ſoit joint au ſolide A C P Q inébranlable, par les 3 cordelettes égales & également fortes D I, G L, H M,

un peu tenduës qui passent au travers des petits trous dans le solide ACPQ & noüées par dessus l'autre, comme on le voit en la figure ; soit encore supposé qu'afin que chaque cordelette soit prête à se rompre, il faille qu'elle soit étenduë de 2 lignes, plus qu'elle n'est, & qu'un poids R suspendu en F de 4 livres, puisse être assez fort pour reduire la cordelette I D à cette extension de 2 lignes, & qu'y ajoûtant un tres-petit poids, elle doive se rompre, il est évident qu'il faudra deux livres en R pour étendre de 2 lignes la cordelette L G étant seule & une livre seulement pour étendre de même la cordelette H M, si le centre du mouvement est en C : Mais parce que lors-que la cordelette D I est étenduë de 2 ligues, la cordelette G L, n'est étenduë que d'une ligne, & la cordelette H M d'une demie ligne quand on les tire toutes ensemble, il s'ensuit par la 2me supposition qu'un poids d'environ une livre fera alors équilibre avec la tension de la cordelette G L qui n'est que d'une ligne, & qu'il ne faudra que 4 onces pour faire équilibre avec la tension de la cordelette H M quoi que sa resistance totale de cette derniere soit d'une livre ; & par consequent pour reduire les trois cordelettes en cet état, il suffira que le poids R soit de 5 livres $\frac{1}{4}$, & que si on y ajoûte un tres-petit poids, la cordelette D I se rompra & pres-

que en un même moment les deux autres, parce qu'elles resistent beaucoup moins que les trois ensemble.

Appliquons maintenant ces raisonnemens au solide A B C D fiché perpendiculaire-



ment dans le mur E A D O, & supposons que si on le tiroit de haut en bas perpendiculairement, il fallut 600 livres pour le rompre, je dis que si A D est divisé en trois parties égales par les points G, H, & que C D soit à D H, comme 60 à l'unité, il suffira que le poids L soit de 10 livres pour rompre le solide, au lieu que selon Galilée il faudroit qu'il fût de 15 livres, puisque C D est à D I moitié de D A comme 60 à un & demi ou 40 à l'unité, & que 600 est le produit de 15 par 40.

Pour prouver cette proposition, suppo-sons comme il a été expliqué cy-devant

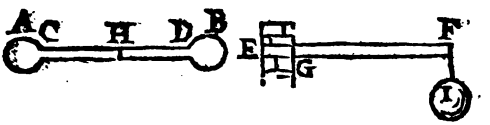
que la fibre vers A ſe doive étendre de 16 parties tres-petites pour être rompuës, & qu'il faille une pareille extenſion pour rompre les fibres vers G, I, & H, il eſt évident que ces dernieres ne reſiſteront pas de toute leur force pour empêcher la rupture de la fibre vers A, & que ſi elles reſiſtent à proportion de leur diſtance du point D, & s'il faut 16 livres en L pour rompre la fibre en A, il en faudroit ſeulement 12 pour rompre la fibre en G, 8 pour rompre la fibre en I, & 4 pour rompre la fibre en H; mais parce que quand la fibre en A ſe rompt, la fibre en G ne ſera étenduë que de 12 parties, celle en I que de 8, & celle en H que de 4, ce qui fait encore une autre raiſon ſemblable, & ainſi au lieu de 12 livres pour rompre la fibre vers G. Il ne faudra que 9 livres ſçavoir les $\frac{3}{4}$ de 12, & 4 livres pour rompre la fibre vers H. Or 12 eſt moyen proportionnel entre 16 & 9, & 4 entre 16 & 1, & par conſequent ces nombres 1, 4, 9, 16 étant quarrez, ſi l'on conçoit que la longueur A D ſoit diviſée à l'infiny, les reſiſtances de toutes les fibres ſeront en la proportion des quarrez de ſuite depuis l'unité, mais ſi on prend tels nombres de quarrez qu'on voudra de ſuite commençant à l'unité, trois fois leur ſomme moins le nombre triangulaire, qui correſpond au dernier terme de la Progreſſion, ſera égal au produit du plus grand quarré par

le nombre de la Progreſſion commençant à zero, & ce nombre trianglaire excedant ſera à ce dernier produit ſelon la Progreſſion à l'infiny $\frac{1}{2}\ \frac{1}{4}\ \frac{1}{6}\ \frac{1}{8}\ \frac{1}{16}$ &c. dont cet excées à l'infiny ſera comme rien, & par conſequent tous les quarrez à l'infiny ne feront enſemble que le tiers d'autant de quarrez égaux au plus grand y en ajoûtant un pour le 1.er terme zero de la Progreſſion, de même que ſi l'on prend une Progreſſion de ſuite, 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, &c. La ſomme de tous ces nombres eſt la moitié du produit du plus grand par le nombre de la Progreſſion.

Pour prouver par induction cette proprieté des quarrez de ſuite, prenons l'unité qui eſt le 1.er quarré, le triple de l'unité eſt 3, l'unité multipliée par les nombres des termes de la Progreſſion, 0, 1, eſt 2 qui eſt moindre que 3 du 1.er nombre triangulaire 1 qui eſt $\frac{1}{2}$ du nombre 2, 1 & 4 enſemble ſont 5, trois fois 5 eſt 15, le produit par la Progreſſion 0, 1, 2 eſt 12 moindre que 15 de 3 qui eſt le ſecond nombre triangulaire & qui eſt $\frac{1}{4}$ de 12, 55 eſt la ſomme des 5 premiers quarrez, 3 fois 55 eſt 165, le plus grand quarré 25 multiplié par les 6 termes de la Progreſſion, 0, 1, 2, 3, 4, 5, 150 moindre que 165 de 15 qui eſt $\frac{1}{10}$ de 150.

Pour ſçavoir ſi l'experience ſeroit con-

forme à ce raiſonnement, je fis tourner au tour deux morceaux de bois fort ſec, l'un d'eux repreſenté par A B avoit à



ſes extremitez deux petites boules & le reſte C D étoit uniformement épais de trois lignes, l'autre E F étoit en toute ſa longueur épais de 3 lignes; je mis le bout de ce dernier juſques au point G dans un petit trou fait dans une poutre, & il le rempliſſoit exactement, & j'attachay à l'autre bout un poids de ſix livres en F, la diſtance G F étoit de 4 pouces ou 48 lignes, & par conſequent elle étoit 48 fois plus grande que le tiers de l'époiſſeur du bâton cylindrique G F, puiſque ce tiers n'étoit que d'une ligne, & ſelon Galilée la proportion du poids étoit augmentée 32 fois, mais le bâton ſe courba un peu, & la diſtance ne fut plus que comme 30 à 1 à peu prés, le poids I de ſix livres ſuſpendu au point F fit rompre le bâton au point G: Or ſi la force de ce poids n'eût été augmentée que de 30 fois, il ne devoit faire qu'un effort de 180 livres qui

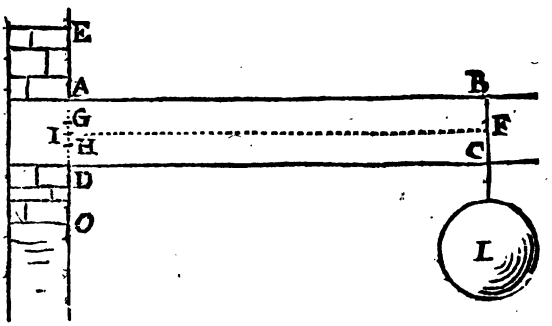
eſt le produit de 30 par 6, je ſuſpendis enſuite le bâton A B par quatre cordelettes attachées à une petite corde qui faiſoit deux tours autour du col D & étoit retenuë par la boule B D, & j'accommoday de même quatre autres cordelettes à la boule C A pour ſuſpendre un poids de 180 livres qui devoit rompre le bâton A B, le tirant en bas perpendiculairement, ſi la regle de Galilée eût été veritable, mais il ne ſe rompit pas. L'experience ſe fit en preſence de Mrs de Carcavy, de Roberval, & Hugens, je fis ajoûter des poids de 10 ou 12 livres les uns aprés les autres, & enfin quand il y en eut en tout environ 330 livres, il ſe rompit au point H. Or ſi l'on prend la proportion de 47 à 1 (qui eſt le tiers de l'époiſſeur) à cauſe que le bâton ſe courba un peu avant que de ſe rompre, le produit de 47 par 6 eſt 282 au lieu de 330, mais il y a apparence que ſi on y eût ſeulement mis 300 livres, & qu'on les y eût laiſſées quelque temps comme on laiſſa les 6 livres en I, il ſe fût rompu de même, mais enfin la proportion fut beaucoup plus grande que de 30 à 1, & il ne manqua qu'environ $\frac{1}{7}$ qu'elle ne fut comme 47 à 1, ce qui put arriver à cauſe que le bâton G F étoit peut-être plus foible vers le point G ou un peu plus épais : on recommença l'experience en

laiſſant une grande époiſſeur aux deux bouts du bâton E F, laiſſant ſeulement deux pouces de G vers F afin que cette partie ſe courbât fort peu. Je me ſervis enſuite de quelques canons de verre ſolide de $\frac{4}{3}$ de ligne d'époiſſeur, & je trouvois toûjours à peu prés qu'il failloit prendre la proportion de la longueur du cylindre de verre au tiers de ſon époiſſeur & dans une experience, ou ſelon Galilée il n'eût fallu que 30 livres pour rompre la petite verge de verre ſituée perpendiculairement de haut en bas, il y en fallut ſuſpendre 50; le ſieur Hubin ajuſtoit de petites boules de verre aux deux bouts du cylindre pour le ſuſpendre.

On peut objecter que dans le bois ou le verre ou les métaux, il n'y a rien qui s'étende avant la fraction; je demeure d'accord que l'extenſion du verre n'eſt pas ſenſible, mais celle des métaux ſe reconnoît aiſément en ce que les cordes de clavelſin de quelque métail qu'elle ſoient s'étendent ſenſiblement; d'où il s'enſuit qu'un cylindre d'un pouce d'époiſſeur doit s'étendre auſſi, mais il faudroit un poids de plus de 2000 livres pour l'étendre ſenſiblement: car puis qu'une boule de verre & d'acier s'enfonce par le choq, & ſe remet en ſa premiere figure, elle peut auſſi s'étendre. Si on laiſſe tomber un cylindre de bois ſec d'un pouce d'époiſſeur ſur une pierre platte, il rebondit,

bondit, & par conſequent il a reſſort, & ſes parties ſouffrent extenſion & preſſement, & parce que l'experience fait voir qu'un petit bâton qu'on plie pour le rompre, ſe reſſerrant vers la concavité de ſa courbure, s'étend neceſſairement vers la convexité avant que de ſe rompre : de là on peut conclure qu'il faut un effort pour faire la compreſſion vers la concavité.

Cela étant ſuppoſé, ſi A B C D eſt un bâ-



ton quarré fiché dans un mur, on peut concevoir que depuis D juſqu'à I, qui eſt la moitié de l'époiſſeur A D, les parties ſe preſſent par le poids L, celles qui ſont proches de D davantage que celles vers I, & que depuis I juſques à A elles s'étendent, comme il a été expliqué, & l'on pourra appliquer le même raiſonnement des cordelettes à la partie I A ; d'où il s'enſuivra que

comme la longueur I F eſt au tiers de l'époiſſeur I A, ainſi ſera augmentée la force du poids L pour rompre le ſolide, & comme il faut plus de force pour preſſer les parties vers D que vers H, ſi on ſuppoſe que cette force diminuë ſelon la ſuite des nombres juſques à l'unité, il faudra encore la même proportion de la longueur I F au tiers de la largeur D I pour faire ce preſſement; & comme il eſt tres-vray ſemblable que ces preſſemens reſiſtent autant que les extenſions, & qu'il faut un même poids pour les faire, ces extenſions, & ces compreſſions partageront la force du poids L, ajoûtant le tiers de l'époiſſeur I A au tiers de l'époiſſeur I D, le tout ſera égal au tiers de toute l'époiſſeur A D; d'où il s'en ſuivra la même choſe que ſi toutes les parties s'étendoient: donc pour reduire l'extenſion vers les point A à la rupture, il faut que le poids L ſoit un peu plus de 10 livres pour rompre ſe ſolide A B C D, ſi la longueur C D eſt au tiers de l'époiſſeur A D, comme 1 à 30, & qu'il faille un peu plus de 300 livres pour le rompre en le tirant de bas en haut: car la même choſe doit arriver pour l'effort du poids, que ſi les parties entre I D s'étendoient comme les ſuperieures.

J'ay experimenté avec le ſieur Hubin, qu'un fil de verre d'un quart de ligne d'é-

poiſſeur & long de 4 pieds, s'étendoit de $\frac{4}{5}$ de ligne ſans ſe rompre, & en le laiſſant retourner de lui même, il reprenoit ſa 1ere extenſion; on en fit étendre trois de même groſſeur qui ſe rompirent étant étendus juſqu'à une ligne & demie. Pour le connoître il y avoit aux deux bouts de chaque fil une boule de verre de 2 ou 3 lignes, on engageoit une de ces boules entre deux clouds à crochet enfoncez vers l'extremité d'une table juſques à leur moitié, enſorte qu'en les pouſſant tres fort, on ne les faiſoit point branler ſenſiblement; & par conſequent le gros bout du filet étant bien engagé par le bas des clouds, ne ſe pouvoit approcher vers l'autre bout de la table, il y avoit 3 petits trous d'épingle pour faire diſcerner l'allongement, le fil portoit ſur la table en ſa longueur; mais en le tirant mediocrement il n'y portoit plus; le gros bout qu'on tiroit, touchoit la table, on remarquoit qu'il touchoit par ſon extremité le 1er trou d'épingle en le tirant avec la main mediocrement, & en le tirant plus fort il alloit juſqu'au 2me trou, & en le tirant encore plus, il alloit juſques au 3me, & en relâchant un peu de l'effort, il revenoit au 2me ou au 1er trou. Pour bien faire il eût fallu qu'un des bouts eût été pouſſé à force en tournant dans un trou d'un morceau de fer, & que l'autre

eût été attaché à 2 ou trois petites cordelettes, qui étant jointes enſemble n'en euſſent fait qu'une, qu'on auroit entortillée autour d'une cheville d'un luth ou d'un autre inſtrument pour étendre le filet en tournant peu à peu. On auroit fait des marques pour reconnoître l'allongement, & même on pourroit faire ſonner le fil de verre comme une corde d'épinette.

Cela étant ſuppoſé, voici les experiences que j'ay faites pour la reſiſtance des ſolides : ces regles peuvent beaucoup ſervir aux Architectes pour les poutres, pour les ſaillies &c.

Un canon de verre de $\frac{1}{3}$ de ligne d'époiſſeur s'eſt rompu par ſon propre poids à 6 pieds de ſaillie.

Un cylindre de marbre noir de 5 lignes de diametre a ſoûtenu horizontalement 190 livres, c'eſt-à-dire 10 $\frac{1}{2}$ à 48 lignes de diſtance. Le quarré de $\frac{5}{3}$ eſt $\frac{25}{9}$ ſon produit par un pied de longueur ou 144 lignes eſt $\frac{3600}{9}$ ou 400 lignes, dont 6 pieds peſeront 2400 lignes cubiques, comme 14 à 11, ainſi 2400 à 1886 lignes, & parce que un pouce cubique ou 1728 lignes peſent 2 onces 1 gros, 1886 lignes peſeront environ 2 onces 3 gros.

La moitié de la longueur de 6 pieds eſt 36 pouces ou 432 lignes comme le tiers de $\frac{5}{3}$ de lignes, ſçavoir $\frac{1}{9}$ eſt à 432.

ainſi 2 onces $\frac{1}{3}$ à 18 14, qui diviſez par 16 onces donnent 113 livres 6 onces, qui ſeroit le poids que ſupporteroit perpendiculairement ce cylindre de verre de $\frac{1}{3}$ de ligne.

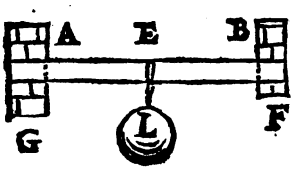
Une verge de verre d'une ligne $\frac{3}{4}$ d'époiſſeur & longue de 11 pouces eſtant poſée ſur deux regles diſtantes de 9 pouces l'une de l'autre & larges & épaiſſes d'un pouce, & eſtant chargée à ſon milieu d'une livre $\frac{3}{4}$ miſe dans un godet de fer blanc ſuſpendu par une cordelette, s'eſt rompuë dans le milieu : une ſemblable verge poſée de même, mais ſerrée par ſes deux bouts entre les deux regles, & deux petits morceaux de bois plats de même largeur que les regles, s'eſt rompuë par trois livres & une once, ſuſpenduës à ſon milieu ; la rupture s'eſt faite aux deux bouts joignant les regles, & même l'un des bouts a été rompu à 3 lignes en dedans plus loin que l'appuy ; ainſi on peut prendre pour regle que les deux extrêmitez proches de l'appuy ſe rompent en ce dernier cas, & par conſequent il faut deux fois autant de force que quand les extremitez ſont libres & qu'elle ſe rompt au milieu.

Une ſemblable verge poſée en ſon milieu ſur le trenchant d'un coûteau, (on avoit mis de la cire d'Eſpagne vers les bouts pour empeſcher de couler les cordelettes qui

ſoûtenoient les poids & pour marquer leur diſtance qui étoit de 9 pouces,) il n'a fallu qu'une livre & demie & environ 3 onces pour le rompre, c'eſt-à-dire qu'on avoit mis dans deux godets ces poids, ſçavoir en chacun une livre moins 2 onces & demie, elle s'eſt rompuë à trois lignes du coûteau, il y avoit une marque blanche pour marquer le milieu de la verge.

Une lame d'épée poſée par le bout dans un trou obliquement de bas en haut a ſupporté 68 livres, & une petite lame de fer blanc en a ſupporté 80.

Il eſt manifeſte que ſi un ſolide A B ſe rompt par un poids L ſuſpendu à ſon milieu E, étant appuyé par les extremitez ſur les 2 regles G & F, qu'il doit ſe rompre de même, ſi l'appuy eſt en E & les deux puiſſances en A & B égales entr'elles & enſemble à la force du poids L, puis que c'eſt toûjours le même effort qui ſe fait en E. Galilée a demontré que le même poids qui rompt en E, rompra le ſolide de même époiſſeur fiché dans un mur juſques au point A, ſi ſa longueur eſt égale à A E; d'où il



s'enſuit ce que j'ay trouvé par experience, ſçavoir qu'un verre plat A B de 12 pouces de longueur poſé & appuyé par ſes extremitez & portant à faux de 9 pouces, s'étant rompu par le poids d'une livre 10 onces & 5 gros, s'eſt rompu par 3 livres 5 onces 4 gros, lors-que ſes extremitez furent ſerrées entre les appuys & des bois plats par des cordelettes, parce qu'alors ils doivent ſe rompre en A & B joignant les appuys, & parce que les deux reſiſtoient par leurs deux extremitez deux fois autant que le ſeul E A en ſon extremité A, il y fallut mettre le double de poids en L.

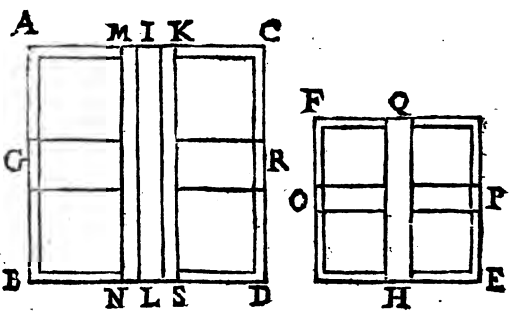
Le même Auteur a encore demontré que ſi les appuys ſont en double diſtance, la moitié du poids qui étoit en E, ſuffira pour rompre le ſolide, dont la raiſon eſt que le levier devient 2 fois plus long, & le poids par conſequent a 2 fois plus de force, le contre-levier ne changeant point; mais ſi le ſolide eſt 2 fois plus épois, il faudra quadrupler le poids, parce que d'un côté il y a 2 fois plus de parties à detacher, & auſſi la force du levier diminuë de moitié; ce qui fait que le poids doit être quadruple, & generalement les poids doivent être en raiſon doublée des époiſſeurs.

De là on reſout un Theorême fort ſurprenant, ſçavoir que ſi on a un quarré plat de bois ou de verre ou d'autre matiere fra-

gile, posé sur un quadre, en sorte que ses extremitez y soient serrées fortement comme on serre les quarrez de verre sur un quadre de chassis, le même poids distribué dans toute son étenduë qui le rompra, rompra tout autre quarré de même époisseur de quelle largeur qu'il soit.

DEMONSTRATION.

A B C D est le quadre qui tient serré



le quarré de verre; E F est un autre quadre plus petit tenant serré un autre quarré de verre de même époisseur; je dis qu'il soûtiendra un même poids distribué: car soit une petite bande Q H posée sur le petit quarré, & pour la facilité de la demonstration soit la bande I L en l'autre quadre dou-

ble en longueur de Q H, & de même largeur & époiſſeur, il eſt évident par ce qu'en a demontré Galilée, que ſi on met un poids au milieu de Q H preciſément ſuffiſant pour le rompre, que la moitié de ce poids poſé au milieu de I L, la rompra, mais ſi on double la largeur de I L, & que la bande ſoit M N K S, il faudra le poids entier pour le rompre: car le levier demeura le même, mais il y aura 2 fois autant de parties à détacher; & ſi l'on diſtribuë le 1er poids le long de Q H il le faudra doubler pour rompre la bande Q H, comme il a été prouvé par le même Auteur: donc il faudra auſſi doubler le poids pour rompre M S double de I E; mais ſi l'on ajoûte en croix une autre bande O P dans le petit quadre, il faudra doubler le poids, ce que j'ay confirmé par experience: car une ſimple bande s'étant rompuë par 2 livres & demie un peu moins, étant en croix il fallut 4 livres 11 onces un peu plus, qui eſt un peu moins que le double, ce qui peut proceder de ce que le quarré du milieu n'étoit pas doublé; ſi donc on met une autre bande en croix G R de même largeur que I N, elle portera le même poids que la croix P O Q H, & ſi on continuë de faire plus larges ces croix ſelon les mêmes proportions, celle de la grande ſupportera toûjours un même poids diſtribué, & enfin on peut continuer juſques à ce qu'il

ne reſte que quatre quarrez tres-petits aux angles de chaque quadre; d'où l'on doit conclure que ſi on acheve ces deux quadres, le même effet ſuivra toûjours, & de même dans toutes les autres proportions : car ſi le quarré du milieu du petit fait que la croix ne porte pas un poids double de celui que porte la bande, auſſi le quarré du grand fera le même effet.

Ces regles ſervent pour les ſolides dont les matieres ſont fragiles, comme le bois ſec, le verre, le marbre, l'acier &c.

Mais pour les matieres ſouples & pliantes qui ſe rompent par la ſeule traction comme le papier, le fer blanc, les cordes, &c. il faut d'autres regles dont voici les principales.

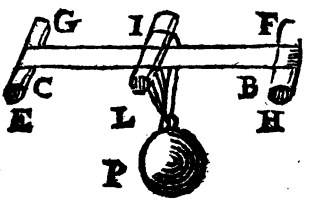
REGLES.

Pour les ſolides qui ſont ſouples.

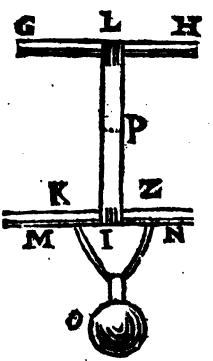
LEs bandes de papier, de fer blanc, & d'autre matiere ſemblable ſe rompent également, ſoit qu'elles ſoient longues ou courtes.

EXPLICATION.

B C eſt une bande de papier colée, ou de fer blanc cloüée ſur les deux appuys



E G, F H, & n'étant point portée dans la longueur C B, on met un petit bâton I L au milieu sur la bande, & on y attache aux extremitez qui passent un peu au de là du papier des cordelettes pour porter le poids P; car si l'on mettoit une cordelette sur la bande de papier, elle la plisseroit ou la couperoit. La bande étant de papier de 6 lignes de largeur s'est rompuë par le poids de 4 livres.



Une semblable bande se rompoit de même lors-que les appuis étoient moins éloignez de moitié, & lors-qu'étant entortillée par les extremitez autour de 2 petits cylindres G H, M N, on attachoit un poids au cylindre d'en bas par le moyen de 2 cordelettes, comme on le voit en cette figure, la bande se rompoit aussi par un poids de 4 livres.

Quelques-uns objectent que les cordes K Z portent une partie du poids, & que sa pesanteur n'est pas employée à rompre la bande I L; mais il est évident que la bande porte tout ce qui est au dessous d'elle, soit que les cordes s'étendent ou non: & pour le prouver, j'ay fait l'experience suivante.

Un fil de cuivre tourné en vis, & soûtenu par la main en A ayant le poids C suspendu au bout B, s'étendoit d'une certaine maniere par ce poids plus ou moins selon qu'il étoit plus ou moins pesant, mais toutes les distances des spires étoient parfaitement égales, & lors-qu'on tenoit à la main l'endroit D, les distances demeuroient les mêmes sans aucun changement, ce qui faisoit connoître manifestement que l'extension des spires superieures lors-que la suspension étoit en A, n'amoindrissoit de rien la force du poids à l'égard des spires inferieures. La même chose arrive à une corde longue qui supporte un poids: car toutes les parties en souffrent la même extension sans que les superieures diminuënt l'extension des inferieures, ny les inferieures celle des superieures; & une longue corde & une courte supportent toûjours le même poids, si ce n'est qu'il

arrive que dans un longue corde il ſe peut trouver quelque defaut où elle ſe rompra plûtoſt qu'en une moindre.

La même choſe arrive à des bandes de fer blanc: car en une longue il y aura peut être un defaut qui ne ſera pas en une courte, & ſi l'on en avoit pris la partie qui ne s'eſt pas rompuë, elle ſupporteroit un plus grand poids parce que le defaut en ſeroit ôté: j'en ay fait pluſieurs experiences.

Une bande de fer blanc de 3 lignes $\frac{1}{4}$ de largeur a ſupporté 100 livres ſans ſe rompre & s'eſt rompuë par 130, ou 128, & étant tirée de bas en haut, elle ne s'eſt pas rompuë à 120 livres, mais elle s'eſt rompuë à 123 par un endroit où il y avoit quelque paille, on jugera qu'elle auroit ſupporté davantage ſi on l'eût tirée bien droit & qu'il n'y eût point eu de defaut.

Une bande de fer blanc de 4 lignes $\frac{1}{3}$ de largeur portant à faux de 5 pouces dans le petit quadre, ne s'eſt point rompuë par 180 livres, on n'a pas achevé de la rompre en y mettant d'autres poids.

Une bande de papier de 6 lignes de largeur étant collée par ſes 2 extremitez ſur 2 traverſes oppoſée d'un quadre de chaſſis de 5 pouces dans œuvre s'eſt rompuë par 4 livres 3 quarts, & il a fallu ajoûter 4 onces pour en rompre une égale tirée de haut en bas. 2 autres auſſi de 6 lignes ſe ſont rom-

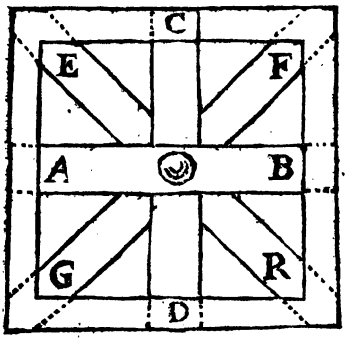
puës par 4 livres en les tenant $\frac{1}{4}$ de minute avec le poids auſſi-bien dans le grand quadre que dans le petit.

Une autre bande de papier de la même force, de 6 lignes $\frac{1}{3}$ de large s'eſt rompuë par 4 livres, elle étoit poſée ſur le même chaſſis de même en l'un qu'en l'autre, il y avoit 3 cordes qui portoient un petit godet, & une autre corde paſſant par deſſous qui étoit ſoûtenuë plus haut par un petit bâton, on mettoit dans le godet peu à peu des poids juſques à ce que la bande ſe rompît. On a collé du papier dans le grand quadre de 9 pouces dans œuvre & dans le petit de 5 pouces dans œuvre de même que quand on fait des chaſſis, on a poſé au milieu du grand papier un rond de cuir de 3 pouces 4 lignes, & ſur le milieu de ce cuir un poids de plomb de 4 livres qui n'avoit que 2 pouces & demi de largeur par ſa baſe qui poſoit ſur le cuir, on entaſſa pluſieurs poids ſur ce premier, & le papier ne ſe rompit qu'à 42 livres.

L'autre papier ſur le petit quadre ſe rompit à 34 livres, mais ſon petit cuir n'avoit qu'un pouce $\frac{3}{4}$ de largeur ſur lequel on mit le même premier poids.

Pour comparer ces experiences entr'elles & avec les bandes de papier, la largeur du cuir qui poſoit dans le grand chaſſis étant de 3 pouces, & la baſe du poids de 2 pouces $\frac{1}{2}$ ainſi le cuir ne portoit pas bien

ferme à ſes bords, & l'on peut prendre



que la largeur de la bande qu'occupoit le diametre étoit 5 fois plus grande que celle de la bande de 6 lignes qui avoit ſupporté quatre livres, & prenant une autre bande en croix C D de même largeur, ſi la premiere A B ſoûtenoit 20 livres pour être quintuple de 4 livres, les deux en ſoûtenoient 40, les 2 livres de plus étoient ſoûtenuës par les 4 bandes diagonales, E, R, G, F, qui ſouffrent fort peu par les raiſons qui ont été dites cy-deſſus, à l'égard des cordelettes, parce qu'elles ſont plus longues que les autres, & ne s'étendent pas de toute l'étenduë propre à les faire rompre. Dans le petit chaſſis la bande A B n'étoit que 3 fois $\frac{1}{2}$ plus large que la bande de 6 lignes, elle devoit donc

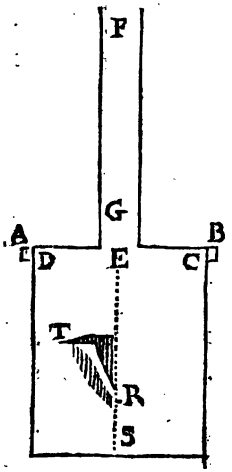
ſoûtenir 14 livres, & les deux en croix 18 livres, les 6 livres reſtantes étoient pour les 4 bandes diagonales, & quoique ce ſoit plus à proportion que dans le grand, cela arrive par inégalité de la matiere qui a ſa reſiſtance abſoluë moindre en un endroit qu'en un autre. Que ſi les baſes des poids euſſent été égales dans les deux quarrez de papier, ils euſſent deu porter le même poids; la rupture ſe fit en tous les deux, entre le poids & le quadre de bois.

Après avoir fait pluſieurs experiences ſemblables, j'en ay fait pluſieurs ſur des tuyaux pleins d'eau; je fis faire un tuyau de 50 pieds dont il a été parlé cy-deſſus, & l'ayant ſoudé dans le tambour cylindrique d'un pied fermé de tous les côtez, on poſa le tambour ſur 3 appuis à ſes extremitez. Les baſes étoient des platines de cuivre d'une ligne d'époiſſeur, & le tour étoit de fer blanc, le tuyau, montant de 3 pouces de largeur étoit ſoudé dans un trou fait au milieu de la platine ſuperieure, & la ſurface cylindrique de fer blanc étoit ſoudée avec les platines en cette maniere.

A B repreſente le diametre de la platine ſuperieure, les petits quarrés C & D l'époiſſeur d'un fil de fer qui regnoit tout autour du fer blanc qui faiſoit la quaiſſe, joignant

la

la platine & servoit à l'y mieux souder, E F est le tuyau de fer blanc de 50 pieds de hauteur, la platine inferieure étoit soudée de même avec la quaisse de fer blanc que la superieure, on fit emplir d'eau le tambour & le tuyau, quand elle fut tout au haut les platines se courberent en convexité par le poids de l'eau, & comme elle agissoient en levier dont l'extremité étoit G, & le contre-levier la largeur de la soudure sur l'extremité du fer blanc & sur la largeur du fil de fer, la soudure se détacha par cet effort, les parties les plus proches de G se séparant les premieres; l'espace désoudé fut de 4 pouces par où toute l'eau s'écoula; on la résouda de nouveau, & la platine d'en bas se désouda aussi dans l'experience, je fis refaire un autre tambour où le fer blanc étant rabatu sur les platines, les enfermoit en dedans & y étoit bien soudé, on augmenta ensuite le tuyau montant E F jusques à ce qu'il eût 100 pieds de hau-



teur, & il demeura plein d'eau assez long-temps avant que de se rompre, mais enfin une des soudures de la quaisse s'entrouvrit par le bas comme depuis S jusques à R, & se déchira de travers depuis R jusques à T; les platines s'étoient courbées de plus d'un pouce, mais leur soudure avec le fer blanc ne se rompit point, parce qu'agissant en levier comme en la premiere experience, même plus fortement à cause du plus grand effort d'eau, la partie soudée du fer blanc s'élevoit avec elle, & par ce moyen ne se pouvoit désouder; on avoit tenu long-temps ce tuyau plein jusques à 80 pieds & 90 pieds, mais rien ne se rompit; & parce que l'eau de 100 pieds agissoit sur cette quaisse de fer blanc comme si le tuyau eût été d'un pied de large jusques à cette hauteur, comme il a été prouvé dans le discours de l'équilibre, on peut tenir pour certain qu'un tuyau de fer blanc de 80 pieds, & d'un pied de largeur, ne se rompra point étant plein d'eau.

Je fis ensuite mettre un tambour de plomb au lieu du tambour de fer blanc, son épaisseur étoit de 2 lignes & demie, il avoit un pied de largeur & 18 pouces de hauteur, mais il étoit renflé comme un baril jusques à la rencontre des platines de plomb plates, de 8 pouces de largeur, & de la même épaisseur de 2 lignes.

& demie ; les soudures avançoient d'un demi pouce sur les platines, & sur ce qui avoit été rabatu qui joignoit les platines, en sorte qu'elles avoient un pouce de largeur & plus ; elles étoient hautes de plus de 8 lignes, on emplit d'eau le tuyau de 100 pieds de hauteur, & les deux platines se courberent en rond de plus d'un pouce $\frac{1}{2}$, mais rien ne se rompit : car la soudure s'éleva aussi avec le reste, & l'epoisseur du plomb étoit trop grande. Il y a du plomb poreux qui auroit laissé passer quelques petits filets d'eau, comme j'en ay veu une fois l'experience en un tambour d'un pied & demi, & de l'époisseur de deux lignes, quoique le tuyau montant ne fût que de 15 pieds ; enfin pour achever l'experience, je fis ratisser avec un coûteau, & limer le tambour dans son milieu d'environ 6 pouces de hauteur & 4 pouces de large, & quand son époisseur fut reduite à une ligne un peu moins dans le milieu de ce qui étoit limé, alors le plomb s'enfla en cet endroit, & il s'y fit une fente de trois pouces de hauteur par où toute l'eau s'écoula : on peut donc en seureté se servir d'un tuyau de 100 pieds, large de 12 pouces, & d'époisseur de 2 lignes, ou même une ligne & demie si le plomb est bon : Voici comme on peut expliquer la resistance du tambour

de fer blanc; il le faut considérer comme une bande de fer blanc d'un pied de largeur qui doit se rompre en se déchirant: or cette bande est 24 fois plus large que celle de 3 lignes qui supportoit 120 livres, elle doit donc supporter 445 fois davantage à peu prés, & parce que l'eau du tuyau pesoit alors 5500 livres: car il la faut considerer comme si elle étoit de la largeur d'un poids jusques au haut de 100 pieds: & un pied cylindrique d'eau pese 55. liv. qui multipliées par 100 donnent 5500, 45 fois 120 fait 5400, & par consequent le rapport est assez juste, & si la soudure eût été bonne par tout, le tambour auroit encore pu porter 100 livres ou 2 pieds d'eau plus haut; il faut considerer qu'il ne faut pas faire état de ce que le poids est distribué par tout quoique ce soit en déchirant; si l'on veut sçavoir la proportion de la resistance des autres tuyaux, voici les regles qu'on peut suivre; on suppose que les platines sont assez fortes.

I. REGLE.

SI la hauteur du reservoir est double il y aura deux fois autant de poids d'eau, & par consequent il faudra deux fois autant d'épaisseur de métail dans le tuyau afin qu'il y ait deux fois autant de parties à se-

parer. Si le diametre du tuyau eſt 2 fois plus large, il faudra 2 fois plus d'époiſſeur : car les mêmes parties du fer blanc ne ſeront pas plus changées, & elles ſont ſeulement doubles.

II. REGLE.

SI les platines ſont les moins fortes, & que la rupture s'y doive faire en les ſuppoſant de fer de fonte, ou d'une autre matiere aigre & caſſante, lors-que les tuyaux auront 4 fois autant de hauteur, il faudra doubler ſeulement l'époiſſeur du métail, comme il a été prouvé cy-devant : car alors la platine ſe rompt en levier, & le contre-levier devient deux fois plus grand, & il y a deux fois autant de parties à ſeparer. La même choſe arrivera ſi le diametre eſt double : car il y aura 4 fois autant de poids ; il faudra donc doubler ſeulement l'époiſſeur : d'ailleurs ces platines differentes peuvent ſupporter le même poids, mais le poids étant quadruple, il faut doubler l'époiſſeur, & ſi la hauteur & la largeur du tuyau ſont enſemble plus grandes, il faudra faire le calcul de la hauteur & enſuite celui de la largeur, comme en l'exemple cy-deſſus ; il faudra doubler l'époiſſeur par la hauteur quadruple & doubler celle-cy par la ſurface quadruple de la baſe dont il faudra quadrupler l'époiſſeur.

de la platine, mais quand c'eſt du fer blanc ou du cuivre fort ſouple, ſi le reſervoir eſt 4 fois plus haut, il aura 4 fois plus de poids; il faudra donc 4 fois plus d'époiſſeur, & ſi le diametre eſt double il y aura encore 4 fois plus de poids, & il faudra encore quadrupler l'époiſſeur, ce qui ſera 16 époiſſeurs: ainſi ſi une demi-ligne d'époiſſeur de cuivre peut ſupporter 60 pieds de hauteur & 4 pouces de largeur de tuyau, ſi la hauteur eſt 240 pieds, & la largeur de 8 pouces, il faudra 8 lignes d'époiſſeur de cuivre.

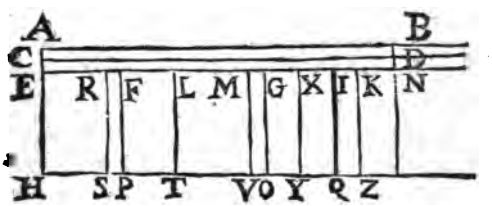
Il vaut toûjours mieux faire les tuyaux un peu plus épois que ſelon le calcul: car il arrive ſouvent qu'il y a des defauts dans la matiere. On a veu des conduites de fer de fonte de 4 pouces de diametre & de 3 lignes d'époiſſeur où il ſe trouvoit beaucoup de tuyaux de ceux qu'on joint enſemble pour compoſer la conduite, qui ſe rompoient, parce qu'en les jettant il s'y étoit fait des vuides, & la matiere étoit defectueuſe en ces endroits: on a veu auſſi ſuinter de l'eau par leurs pores au commencement, mais enfin les pores ſe fermoient par les petites ſaletez que l'eau charrie, & ils étoient de bon ſervice dans la ſuite.

III. DISCOURS.

De la diſtribution des Eaux.

POur partager l'eau en divers jets, & ſçavoir combien on en donnera à chacun, ce qui peut auſſi ſervir à la diſtribution qu'on fait à pluſieurs particuliers de l'eau d'une ſource, il faut avoir une jauge dont les ouvertures ſoient quarrées, & non rondes.

Comme A B eſt le haut du vaiſſeau qui



ſert de jauge, & C D la hauteur de l'eau, il faudra placer les trous quarrez environ deux lignes au deſſous de la ſurface C D ſelon une ligne droite horizontale E N : or ſi l'on a diviſé cette jauge en pluſieurs quarrez d'un pouce en tous ſens, comme E F P H &c. ils donneront plus d'un pouce : car ſi les circulaires donnent 14 pintes

en une minute les quarrez en donneront une quantité, qui ſera à 14 comme 14 à 11 laquelle proportion de 14 à 11 eſt à peu prés celle du quarré au cercle qui a même largeur : ſi donc un pouce rond donne 14 pintes en une minute, un pouce quarré donnera un peu moins de 18 pintes : car 11 eſt à 14, comme 14 à 17 $\frac{9}{11}$; il faudra donc diviſer E F en 14 parties égales, & ſi E R contient 11 de ces parties le quarré long E R S H ſera à fort peu prés égal à un pouce circulaire & il donnera un pouce, c'eſt-à-dire 14 pintes en une minute, ſi l'eau du baquet qui ſert de jauge demeure à la hauteur C D. On fera pluſieurs ouvertures de ſuite égales a E R S H ſous la même ligne E N, comme R L T S, L M V T, &c ; & ſi l'on veut donner un demi pouce, il faudra diviſer un de ces quarrez longs, comme O Q I G par la moitié de la ligne X Y, & chaque moitié donnera un demi pouce c'eſt-à-dire 7 pintes en une minute & en toutes les autres diviſions de même, en prenant le tiers comme I K Z Q ou le quart &c. Il y aura encore cet avantage, que ſi les eaux qui fourniſſent l'écoulement diminuënt, & qu'en coulant elles ne rempliſſent que le tiers ou la moitié ou les deux tiers de la hauteur des ouvertures de la jauge, tous les particuliers perdront à proportion.

ce

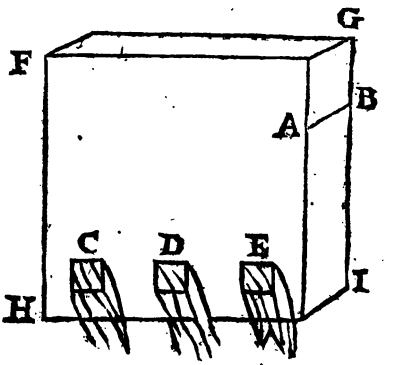
se qu'on ne peut faire quand les trous sont ronds ; & s'il y a un peu plus de frottement à proportion dans les petites ouvertures que dans les grandes, cela sera recompensé en ce que l'eau succede mieux à un petit écoulement qu'à un grand : Si on veut donner 3 ou 4 pouces, on prendra 3 ou 4 ouvertures entieres, égales chacunes à E R S H, comme E H V M pour trois, mais il faudra un peu separer les ouvertures, quand on ne donne qu'un pouce à chaque particulier, car leurs eaux se confondroient s'il n'y avoit que 2 ou 3 lignes entre elles, il faut que l'entrée de chaque tuyau soit assez large pour recevoir l'eau de chaque division.

Voici comme on peut distribuer une source dans une Ville à plusieurs particuliers.

Je suppose que la fontaine donne 40 pouces d'Eau en Eté, & 50 pouces en Hiver, & 45 dans les autres temps : il faut faire plusieurs reservoirs, comme F G H I où l'eau se décharge.

Dans le premier qui sera le plus grand on laissera élever l'eau jusqu'à une hauteur comme A B, où l'on fera un passage à l'eau pour couler plus loin, & on fera les trous par où l'on veut faire la premiere distribution, comme en C, D, E, un pied au dessous de A B, ces trois trous pour-

ront être assez grands ensemble pour



laisser passer 20 pouces, & les 25 pouces restans passeront par dessus A B. Il est évident que quand l'eau sera la plus forte, l'élevation de l'eau courante sera plus grande au dessus de A B, & quand elle sera moins forte, qu'elle sera moindre; mais ce ne sera que d'un pouce au plus : tellement que quand l'eau qui entre dans le reservoir, sera de 50 pouces, il en passera environ 20 pouces & demi, par les 3 ouvertures, & qu'il n'en passera que 19 & demi à peu prés quand elle ne donnera que 40 pouces : on fera de même à l'égard de l'eau qui passera par dessus A B, & de celle qui passera par les trous,

& on leur fera de petits reſervoirs en d'autres quartiers de la ville où l'on diſtribuëra aux particuliers les 25 pouces & les 20 pouces, obſervant toûjours de faire les trous 12 pouces ou du moins 10 pouces au deſſous de A B. Enfin il arrivera que dans les grandes eaux il reſtera 5 ou 6 pouces d'eau qu'on donnera au public en quelque endroit peu frequenté pour quelques uſages, & cette eau ne durera que pendant les grandes eaux, ce qu'on obſervera auſſi dans les autres conduites comme C, D, E. Car il y aura toûjours quelques reſtes qui ſeront au profit de la Ville, ſoit pour faire des viviers ou autres amas d'eau qui ſe conſervent long-temps, ſans qu'il y en entre de nouvelle, & qui ſe repareront de temps en temps, le reſte ſera également diſtribué ſur le pied de 45 pouces, ſinon qu'ils auront quelque-fois un peu moins, quelque fois un peu plus.

Frontinus Auteur Romain a parlé de ces conduites d'eau d'une autre maniere; il appelle Quinaria ce que nous appellons pouce, mais ſon Quinaria étoit un peu plus petit: il ſemble que la façon d'appliquer ce qu'il appelle calice, au bas duquel il y avoit un petit tuyau de la grandeur de ſon Quinaria, ne pouvoit pas être juſte, & il vaut mieux conduire

juſqu'à un quartier de la Ville 10 pouces, s'il ne faut que dix pouces aux particuliers qui y ſont, & les faire décharger dans un reſervoir long, où l'on appliquera une jauge comme cy-deſſus, donnant un pouce ou un demi pouce, ſuivant l'acquiſition, & quand il y a des particuliers qui n'en veulent qu'une ligne qui eſt la 144 partie d'un pouce ou deux lignes qui eſt la 72 du pouce, alors il faudra faire la jauge autrement que celle cy deſſus. En un petit reſervoir ſéparé où l'on fera paſſer l'eau de 5 lignes par deſſus les ouvertures, & ayant fait un trou quarré de quatre lignes de largeur, on en ôtera $\frac{3}{14}$ de la largeur, laiſſant la hauteur de 4 lignes qui donnera le neuviéme partie d'un pouce, c'eſt à dire 16 lignes, la moitié de cette largeur donnera 8 lignes, & le quart 4 lignes, ou bien on fera paſſer l'eau 6 lignes & demie par deſſus une ouverture d'une ligne en quarré, dont on ôtera $\frac{3}{14}$, afin de faire la valeur d'une ligne ronde préciſe, qui donnera $\frac{1}{14}$ de 14 pintes en une minute, & 144 pintes en 24 heures de celles dont il faut 36 pour un pied cube: ſi on double la largeur, ce ſera 2 lignes qui donneront un muid en 24 heures, & douze pintes en une heure, & 3 pintes en un quart d'heure; & pour être plus aſſeuré qu'on ne donne pas plus ou moins que deux lignes, il faudra compter le

temps dans lequel cette ouverture emplit un demi-ſeptier, & ſi c'eſt en 75 ſecondes, la meſure ſera juſte : il faudra conduire ce peu d'eau dans des Canaux d'un pouce au moins, car ils pourroient ſe boucher s'ils étoient plus petits, & même de 10 ans en 10 ans il faudra prendre garde ſi les jauges ne s'empliſſent pas de quelque matiere pierreuſe qui diminuë les ouvertures, & en ce cas on les refera de nouveau.

Lorſque les tuyaux de conduite ne ſont pas aſſez larges, il s'y amaſſe dans les endroits les plus bas un limon tres-fin, que les eaux les plus claires charient tres-ſouvent avec elles, qui venant à ſe durcir, bouche entierement le tuyau; c'eſt pourquoi il ſeroit à propos dans ces endroits les plus bas d'y faire des ouvertures de temps en temps pour y faire couler l'eau avec violence, qui entraînera avec elle ce limon, pourvû qu'il ne ſoit pas encore petrifié

Il arrive encore que ſi l'on eſt obligé de faire paſſer un tuyau par deſſus quelque éminence, il faut faire ſouder à la partie la plus élevée du tuyau de conduite un autre petit tuyau que l'on appelle une ventouſe; ce tuyau a un robinet à une mediocre hauteur par deſſus le tuyau de conduite, on l'ouvre de temps en temps pour faire ſortir l'air, qui étant entraîné

avec l'eau s'amaſſe dans la partie ſuperieure du tuyau, & qui étant comprimé par l'eau qui le preſſe, s'échappe par boüillons, & donne des coups ſi violens contre le tuyau de conduite, qu'il y fait tres-ſouvent des ouvertures, s'il n'eſt pas aſſez fort pour reſiſter, & enfin il le caſſe s'il eſt d'une matiere fragile.

FIN.

PERMISSION.

PErmis d'imprimer. Fait ce 4. Juillet 1685.

DE LA REYNIE.

TABLE

DES PRINCIPALES MATIERES contenuës dans ce Traité.

PREMIERE PARTIE.

De pluſieurs proprietez des corps fluides, de l'origine des fontaines, & des cauſes des vents.

I. Discours.

De pluſieurs proprietez des corps fluides. page 1

L'Etat naturel de l'eau eſt d'être glacée. 3
Des parties de l'eau changées en air. 4
Experience pour montrer que l'air s'inſinuë dans l'eau & dans l'eſprit de vin. 5
Remarques ſur la formation de la glace, & pourquoi elle s'entrouvre. 7
De la matiere fulminante qui eſt dans l'eau. 11
Remarques & conjectures ſur la viſcoſité de quelques corps fluides. 14

TABLE

II. Discours.

De l'origine des fontaines. 17

Réponſe aux objection ſur l'origine des fontaines. 20
Remarques ſur l'augmentation & la diminution de quelques ſources. 24
Des ſources & lacs élevez ſur de hautes montagnes. 26
Obſervations ſur la quantité de l'eau de la pluye. 30
Calcul des eaux pour fournir la riviere de Seine. 31

III. Discours.

De l'origine & cauſes des vents. 54

Conjectures ſur les cauſes des vents. 40
Oſervation ſur un vent qui ſe fait aux ouvertures des fours à chaux. 49
Remarque ſur la revolution des vents à Paris & aux environs. 50
Experience ſur le mouvement de l'air. 51
De la cauſe des tourbillons. 56
De la cauſe des differentes directions des vents, & de la fumée de quelques cheminées. 58
Explication des orages & houragans. 67

II. PARTIE.

De l'équilibre des corps fluides.

I. Discours.

De l'équilibre des corps fluides par la pesanteur. 74

Principe universel de mechanique. 85
Preuves de la pesanteur de l'air. 89
De l'eau. 96
Regle de l'équilibre de l'eau par son poids. 97
Experience de l'équilibre de l'eau. 106
Regle de l'équilibre des liqueurs differentes par la pesanteur. 113
I. Regle de l'équilibre des corps fermes, dont la pesanteur specifique est moindre que celle de l'eau. 116
Proprieté de l'eau de s'attacher ou de s'écarter de quelques corps. 118
D'où vient que quelques corps plus pesans que l'eau nagent au dessus. 123
Les matieres congelées sont plus legeres que les mêmes matieres fonduës. 125
Application de la regle precedente. 126
II. Regle, avec quelques remarques. 129
III. Regle pour les corps qui pesent plus que l'eau. 132

Quatriéme Regle. 135
Experience qui montre que quelques corps plus legers que l'eau peuvent deſcendre au fond. 136.

II. Discours.

De l'équilibre des corps fluides par le reſſort. 139

De la proportion de la condenſation de l'air. 140
De la rarefaction ou dilatation de l'air. 145
Regles pour l'élevation de l'eau dans les pompes aſpirantes. 151
Experience ſur le reſſort de l'air. 157
Refutation de l'erreur de ceux qui croyent que l'air ne peſe pas ſur les corps qui ſont au deſſous. 159
Du reſſort de la flâme de la poudre à canon. 163

III. Discours.

De l'équilibre des corps fluides par le le choq. 166

Premierement du choq de la flâme. 166
Du choq de l'air, & de l'eau. 168
Premiere regle, du choq des jets d'eau. 168
De l'acceleration de la viteſſe des corps qui tombent. 171

De la lenteur de la ſortie des premieres gouttes d'eau par l'extremité des tuyaux. 172
Seconde Regle, de l'équilibre du choq des jets d'eau qui tombent de haut en bas. 176
Troiſiéme Regle, de l'équilibre du choq des jets d'eau en raiſon des hauteurs des reſervoirs. 181
Conſequence pour la viteſſe des jets d'eau qui ſont en raiſon ſoudoublée des hauteurs des reſervoirs. 185
Quatriéme Regle, des jets d'eau égaux & de viteſſes inégales, qui ſoûtiennent par leur choq des poids en raiſon doublée des viteſſes. 185
Experience pour connoître la force du choq de l'air. 187
Conſequence où l'on voit quelle eſt la proportion du temps de l'écoulement de l'air de deux cylindres inégaux, par des ouvertures égales, & chargez de poids égaux. 190
Cinquiéme Regle pour les jets d'eau de même viteſſe, mais inégaux en groſſeur, qui ſoûtiennent des poids par leur choq, qui ſont l'un à l'autre en raiſon doublée des ouvertures. 192
De la peſanteur du pied cube d'eau, & la quantité des pintes qu'il contient. 193

Pour mesurer la viteſſe & la force du choq de l'eau courante. 194
De l'effort des rouës des moulins qui ſont ſur la riviere de Seine. 197
Experiences pour les viteſſes differentes des eaux courantes, tant au fond qu'à la ſurface. 197
Calcul de la force des rouës des moulins de la Seine. 201
Pour la force du choq du vent contre les aîles d'un moulin. 202
Pour le choq du vent contre la voile d'un vaiſſeau. 205
Comparaiſon de la force des moulins à vent aux moulins de la Seine. 207
Deſcription & jugement de pluſieurs moulins à vent qui tournent à tous vents. 209
Pour le calcul de la viteſſe du vent, qui peut renverſer des arbres & autres corps. 212
Pour augmenter la force d'une certaine quantité d'eau. 217

III. PARTIE.

De la mesure des eaux courantes & jaillissantes.

I. Discours.

Du pouce pour la mesure des eaux. 219

Premiere experience pour determiner la quantité d'eau que fournit un pouce en un certain temps. 222

Proposition où il est démontré que le pendule qui marque par ses battemens une seconde de temps, doit être plus court dans les païs proche la ligne équinoxiale, que vers les poles. 225

Difficultez qui surviennent à l'experience precedente. 227

Seconde experience par une ouverture de 6 lignes de diametre, & des differences entre les ouvertures verticales & horizontales. 229

Les dépenses des eaux par des ouvertures égales posées l'une sur l'autre, sont en même proportion que les ordonnées d'une parabole. 232

Diverses causes qui apportent quelques irregularitez à la regle de la dépense des eaux. 237

Un pouce d'eau eſt determiné à fournir 14 pintes meſure de Paris en 1 minute de temps. 240
Troiſiéme experience d'un pied cube rempli en 2 minutes & demie. 241
Moyen pour connoître les pouces d'eau d'une fontaine ou d'un ruiſſeau coulant. 242

II. DISCOURS.

De la meſure des eaux jailliſſantes ſelon les differentes hauteurs des reſervoirs. 242

Premiere experience pour la dépenſe des eaux jailliſſantes. 243
Deuxiéme experience. 244
Regle pour la meſure des eaux jailliſſantes. 245
Table des dépenſes d'eau par 3 lignes d'ajutoir pendant une minute ſur differentes hauteurs de reſervoirs. 248
Comparaiſon des dépenſes de l'eau par une ouverture ſimple faite à un reſervoir, & lors qu'on y applique un tuyau. 249

III. DISCOURS.

De la meſure des eaux jailliſſantes par des ajutoirs de differentes ouvertures. 252

Premiere experience. 254
Seconde experience. 255

Regle pour la dépense des eaux jaillissantes. 255
Table des dépenses d'eau par differens ajutoirs ronds pendant une minute, sur la hauteur de 13 pieds de reservoir. 256
Troisiéme experience par deux ouvertures differentes en même temps. 257
Quatriéme experience de la même chose. page 258
Trois causes qui peuvent faire que les grandes ouvertures donnent ordinairement plus que les petites. 259
Cinq experiences sur ce sujet. 262
Deux causes qui diminuënt la raison soudoublée, & deux qui l'augmentent. 264
En quelle proportion se vuide un vaisseau par un trou qui est au fond 265
Il sort deux fois autant d'eau d'un vaisseau entretenu toûjours plein dans le même temps, que s'il se vuidoit sans y rien ajoûter. 266
Observation sur le fait precedent. 267
Pour juger du temps dans lequel un vaisseau se vuide. 271
Probleme, de la forme d'un vaisseau dont l'eau s'écoulant descend en temps égaux par des intervalles égaux. 272
Regle de l'écoulement de l'eau de deux tuyaux inégaux par des ouvertures égales. 275
Question sur l'écoulement de l'eau de deux

tuyaux d'égal diametre & de hauteurs inégales. 276

IV. Discours.

De la mesure des eaux courantes dans un acqueduc ou dans une riviere. 277

Methode pour cette mesure avec des exemples, & le calcul de l'eau de la riviere de Seine. 277

IV. PARTIE.

De la hauteur des jets.

I. Discours.

De la hauteur des jets perpendiculaires. 282

PRemiere Regle avec des experiences. page 282

Seconde Regle pour la diminution des jets à l'égard des reservoirs, avec exemple. 284

Table de cette diminution depuis 5 pieds de hauteur jusqu'à cent. 289

Experiences pour la confirmation de cette regle. 292

Experience d'un cas particulier quand l'eau du

du reſervoir ne fournit pas aſſez par le jet. 296
Experience par un ſyphon recourbé. 298
Experience de l'eau chargée de mercure par la hauteur des jets. 299
Confirmation par l'experience des poids attachez au corps d'une ſiringue. 300
Experience de la hauteur des jets par la compreſſion de l'air. 302
L'impulſion eſt arrêtée par le frottement dans un petit tuyau attaché à un grand, page 305
Machine pour pouſſer de l'eau fort loin. page 306
Machine de Heron par la compreſſion de l'air. 308
Experience ſur la netteté & beauté des jets d'eau, & comme on doit faire & diſpoſer les ajutages. 310
L'eau qui s'écoule par un trou en tombant de haut en bas ſe reduit enfin en goutes. 311
La dépenſe de l'eau ſe regle ſelon la viteſſe du jet à la ſortie de l'ajutage, & non pas ſur ſa hauteur. 315
Regles pour la diminution d'un jet ſi l'on prend une partie de l'eau qui le fournit. 316
Experience pour prouver que les trop grandes hauteurs des reſervoirs ne peuvent ſervir de rien. 318

TABLE

II. DISCOURS.

Des jets obliques & de leurs amplitudes. 322

Probleme. Etant donné la hauteur mediocre du reſervoir, & l'obliquité du jet trouver ſon amplitude. 325
Remarque ſur les jets de mercure. 328
Experience pour prouver que les matieres les plus peſantes décrivent de plus grandes paraboles. 329
Pour trouver les amplitudes des jets horizontaux. 330
Pour trouver la hauteur de l'eau dans un reſervoir ou un tuyau, par l'amplitude d'un jet horizontal, qui ſort d'une ouverture du tuyau. 331

V. PARTIE.

De la conduite des eaux, & de la reſiſtance des tuyaux.

I. DISCOURS.

Des tuyaux de conduite. 333

PLuſieurs remarques ſur la groſſeur des tuyaux de conduite ſuivant les jets

qu'ils fourniſſent, pour differentes hauteurs. 334
Experiences contre les ajutages en tuyau ou cone, & pour ceux en platine. 336
Obſervations pour regler la largeur des tuyaux de conduite ſuivant la hauteur des reſervoirs & la grandeur des ajutages. 339
Regle tirée des obſervations precedentes. 340
Exemple de cette regle. 340
Remarques particulieres ſur quelques tuyaux de conduite qui ſont à Chantilly. 341
De la ſoudiviſion des tuyaux de conduite avec exemple. 344

II. Discours.

De la force de tuyaux de conduite, & de la reſiſtance des ſolides. 348

De la reſiſtance abſoluë des ſolides. 349
Refutation de la propoſition de Galilée pour la reſiſtance des ſolides. 351
Experiences qui confirment la regle demontrée de la reſiſtance des ſolides. 353
Solution de quelques objections. 356
Experience de l'alongement d'un fil de verre. 362
Experiences de la reſiſtance des ſolides. 364

Theoreme d'un cas de la reſiſtance des ſolides avec ſa demonſtration. 367
Regle pour la reſiſtance des ſolides, qui ſont ſouples, avec des experiences. 370
Experience du fil tourné en vis pour l'allongement des corps ſouples. 372
Experiences ſur la reſiſtance des tuyaux. 376
I. Regle pour la reſiſtance des tuyaux. 381
II. Regle. 382

III. Discours.

De la diſtribution des eaux. 384

Pour la diſtribution d'une ſource en pluſieurs endroits d'une ville ou à pluſieurs particuliers 384.
Des ouvertures pour netoyer les tuyaux & des ventouſes. 390.

Fin de la Table.

De l'Imprimerie de Gilles Paulus du Mesnil. 1700.

LIVRES DE MATHEMATIQUE, Imprimez, ou qui se trouvent chez JEAN JOMBERT, *près des Augustins, à l'Image Nôtre-Dame.*

TRaité Mathemntique, contenant les principales Definitions, Problêmes & Theorêmes d'Euclide, l'Arithemetique en toutes ſes parties, la Trigonometrie, la Longimetrie, la Planimetrie & la Stereometrie, les Fortifications Françoiſe, Hollandoiſe, Italienne & Eſpagnole, la maniere d'attaquer & de deffendre les Places, la Perſpective Militaire, & la Geographie Univerſelle, par T. Luders, in fol. 15 l.

Les dix Livres d'Architecture de Vitruve par M. Perrault, fol. 22 l.

Les Oeuvres d'Architecture d'Antoine le Paultre, Architecte ordinaire du Roi, contenant divers plans & élevations d'Egliſes, Palais, Châteaux, Portes de Villes, Fontaines &c. fol. 15 l.

La Dioptrique oculaire du Pere Cherubin, fol. 12 l.

Traité du Jardinage, enrichi de divers deſſeins de Parterres par Boyceau, fol. 12 l.

Methode pour bien dreſſer toutes ſortes de Comptes à parties doubles par le ſieur Irſon, fol. 18 l.

Tables Aſtronomiques de Lanſberge, fol. 7 l.

Les Edifices Antiques de Rome par M. des Godetz, in fol. 20.

Meriani Topographia Galliæ, 4. vol. fol. 40 l.

Diffeſa & Offeſa delle Piazze, di Floriani, fol. 7 l.

Livres de Navigation.

Le petit Flambeau de la Mer, ou le veritable Guide des Pilotes, 4. 4 l.

Le Treſor de la Navigation, par Blondel, 4. 4 l.

L'Art de naviger par le Quartier de réduction,

& par le Compas de proportion, par Blondel, 4. 4 l.

Le Pilote Expert, par Dacier, 4. 3 l.

Traité des Pratiques Journalieres des Pilotes, par Cordier, 8. 2 l.

Journal de Navigation, par Cordier, 8. 2 l.

Tables Aſtronomiques de Pagan, 4. 2 l. 10 ſ.

Elevation des Eaux par toutte ſorte de Machines, réduite à la meſure, au poids, à la balance, par le moyen d'un nouveau Piſton & corps de Pompe, &c. par le Chevalier Morland, 4. 5 l.

Projet d'une nouvelle Mecanique, par Monſieur Varignon, 4. 4 l.

Des principes de l'Architecture, de la Sculpture, de la Peinture & des autres Arts qui en dépendent, par Monſieur Felibien, 4. 12 l.

L'Arithmetique des Ingenieurs, par Monſieur de la Londe, 4. 8 l.

Pratique Generale & Methodique des Changes étrangeres, par Monſieur Irſon, 4. 6 l.

L'Art & la ſcience des nombres, où l'Arithmetique Ptatique & ſpeculative, *en François & en Latin*, compriſe en dix Livres, dont les ſept premiers contiennent l'Arithmetique ordinaire, avec la Theorie des Nombres, telle qu'on la trouve dans les anciens Auteurs Grecs & Latins, principalement dans les V. VII. VIII. & IX. des Elemens d'Euclide, & dans les deux Livres de Boëce. Les Trois derniers enſeignent L'ALGEBRE par une methode courte & facile, & donnent des Maximes pour découvrir les Nombres inconnus dans la reſolution de pluſieurs Queſtions, auſſi-bien par l'Arithmetique ordinaire, que par l'Algebre, par feü Monſieur Ouvrard, Chanoine de l'Egliſe de Tours, 4. 4 l.

De Monſieur Ozanam.

Cours de Mathematiques, qui comprend toutes

les parties de cette Science, diviſé en 5. vol. in 8. 24 l. où ſont les Elemens d'Euclide, d'Arithmetique, la Trigonometrie, les Tables de Sinus, la Geometrie, Theorique & Pratique, la Fortification, les Mécaniques, la Perſpective, la Geographie, la Gnomonique ou Science des Cadrans : tous ces Traitez ſe vendent en corps ou ſéparément.

Recreations Mathematiques & Phyſiques, qui contiennent pluſieurs Problêmes d'Arithmetique, de Geometrie, d'Optique, de Gnomonique, de Coſmographie, de Mécanique, de Pyrotecnie, & de Phyſique, avec un Traité nouveau des Horloges Elementaires, 2. vol 8. 7 l. 10 ſ.

L'uſage du Compas de proportion, 8. 1 l. 10 ſ.

Oeuvres d'Henrion.

Les Tables des Monroyâl, 4. 4 l. 10 ſ.

Les quinze Livres des Elemens Geometriques d'Euclide, 8. 2. vol. 4 l. 10 ſ.

L'Uſage du Compas de Proportion, nouvelle Edition, augmentée, 8. 2 l. 10 ſ.

La Gnomonique univerſelle, ou la Science de tracer les Cadrans ſolaires ſur toutes ſortes de ſurfaces, tant ſtables que mobiles, 8. avec 25. Planches en taille-douce, par M. Richer du Bouchet. 3 l. 10 ſ.

L'Uſage du Mecometre & de la Bouſſole, 8. 2 l.

La Geometrie d'Errard, 8. 3 l.

L'Arithmetique de Chauvet, par du Lac, 8. 2 l.

Uſage des Globes, par Huës, 8. 1 l. 10 ſ.

Coſmologie du Monde, 8. 1 l.

Logocanon ou Regle proportionnelle, 8. 1 l. 6 ſ.

Artillerie de Davelourt, 8. 1 l. 10 ſ.

Horlogeographie du Pere Feüillant, 8. 3 l.

Harmonie Celeſte, de Monſieur Fayol, 8. 2 l.

Geographie de Cluvier, 8. 1 l. 10 ſ.

Traité de la Sphere, du ſieur Boulenger, aug-

menté par Monſieur Ozanam, 12. 2 l. 10 ſ.
Pratique de Geometrie ſur le Papier & ſur le Terrain avec figures, par le ſieur le Clerc, 12. 3 l.
La longimetrie induſtrieuſe, 12. du P. Bobinet. 1 l.
Uſage du Cercle univerſel, 12. 1 l. 10 ſ.
Cartes du Ciel, contenant toutes les Conſtellations avec le Catalogue des Etoilles, par Royer. 12. 3 l.
Traité de Mécanique, par M. de la Hire, 12. 2 l. 5 ſ.
Prophecies de Noſtradamus, impreſſion d'Hollande, in 12. 1 l. 10 ſ.
Traité du mouvement des Eaux, & des autres corps fluides, par M. Mariotte, 12. 2 l. 5 ſ.
Trigonometrie & Tables de Sinus, par Blondel, 12. 1 l. 10 ſ.
Nouveaux Elemens d'Arithmetique & d'Algebre, par M. de Lagny, 12. 2 l. 10 ſ.
Pap. Maſſo de Fluminibus Galliæ, 12. *cum Notis D. Mich. Baudrand.* 8. 1 l. 10 ſ.
Tables de Sinus de Vlacq, nouvelle Edition. 2 l. 10 ſ.
La Geometrie pratique du ſieur le Boulenger avec des Notes de Monſieur Ozanam. 2 l.
Methode facile pour Arpenter ou meſurer toutes ſortes de ſuperficies, & pour toiſer la Maçonnerie, la Charpenterie, &c. par Monſieur Ozanam, 12. 2 l.
Nouvelle Trigonometrie, où l'on trouve la maniere de calculer toutes ſortes de Triangles rectilignes ſans les Tables de Sinus, par Monſieur Ozanam, 12. 1 l. 10 ſ.
Effets de la force de la Contiguité des corps, où il eſt traité de diverſes nouvelles experiences touchant la nature du Vuide, la peſanteur de l'air. Des effets de la Pompe, des Hygrometres, des Barometres, & autres curioſitez de Mecanique, & de Phyſique, 12. 2 l.

3 2044 015 603 368

WIDENER LIBRARY

HX IGBY 0